



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur,
trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

URBANA MIKROKLIMAT

i samband med förtätning

- strategier för gestaltning av urbana miljöer



Anna Davéus
Självständigt arbete - 30 HP
Landscape Architecture - Master's Programme
Alnarp 2016

URBANA MIKROKLIMAT I SAMBAND MED FÖRTÄTNING
- strategier för gestaltning av urbana miljöer

Master project in Landscape Architecture, 30HP
SLU Alnarp 2016
Anna Davéus

URBANA MIKROKLIMAT I SAMBAND MED FÖRTÄTNING

- strategier för gestaltning av urbana miljöer

URBAN MICROCLIMATES AND DENSIFICATION

- strategies for urban design

Författare Anna Davéus

Handledare: Ingrid Sarlöv-Herlin, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Examinator: Anders Larsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Bitr. examinator: Åsa Bensch, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 30 HP
Nivå och fördjupning: A2E
Kurstitel: Master Project in Landscape Architecture
Kurskod: EX0775
Program: Landscape Architecture - Master's Programme

Utgivningsort: Alnarp
Utgivningsår: 2016
Illustration på omslag: Anna Davéus
Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: urban design, förtätning, mikroklimat, urban heat island, stadsplanering, landskapsarkitektur, stadsdal

TACK

Först och främst **tack** till min handledare Ingrid Sarlöv-Herlin vid SLU Alnarp. **Tack** för peppande kommentarer, kloka råd och för din vägledning i många förvirrade situationer.

Tack till Nyréns Arkitektkontor i Malmö för att jag fått förlägga större delen av mitt uppsatsskrivande hos er. **Tack** för fin gemenskap, bra bollplank och framförallt tack för goda luncher och otaliga koppar kaffe som har tagit mig igenom det här arbetet.

Tack till föräldrar, släkt och vänner som stöttat, peppat och kommit med glada tillrop när det behövdes som mest!

Malmö, 20 maj 2016

Anna Davéus



INNEHÅLL

SAMMANFATTNING

ABSTRACT

TERMINOLOGI

1

INLEDNING

12

1.1 BAKGRUND & PROBLEMBESKRIVNING

12

1.2 FRÅGESTÄLLNING

14

1.3 SYFTE, MÅLBESKRIVNING OCH AVGRÄNSNING

14

1.4 METOD & MATERIAL

14

referenser kapitel 1

2

FÖRTÄTNING SOM STADSPLANERINGSPARADIGM

19

2.1 VARFÖR FÖRTÄTAR VI?

19

2.1.1 - Förtätningens utmaningar

21

2.1.2 - Tänk rätt tätt!

22

2.1.3 - Exempel på bra förtätning

23

2.2 URBAN DESIGN

25

2.2.1 - Definitioner från litteraturen

25

2.2.2 - Elementen inom Urban Design

27

referenser kapitel 2

3

VAD ÄR URBANA MIKROKLIMAT?

29

3.1 URBAN HEAT ISLANDS

29

3.2 PARK COOL ISLAND

34

referenser kapitel 3

4

DEN URBANA MILJÖNS PÅVERKAN PÅ MIKROKLIMATET

36

4.1 SOLSTRÅLNING

36

4.1.1 - Strålning i det urbana rummet

38

4.1.2 - Strålning i den urbana vävnaden

39

4.2 DAGSLJUS

40

4.2.1 - Dagsljus i det urbana rummet

40

4.2.2 - Dagsljus i den urbana vävnaden

42

4.3 VIND

43

4.3.1 - Luftflödet i det urbana rummet

43

4.3.2 - Luftflödet i den urbana vävnaden

47

4.4 LUFTKVALITET

48

4.4.1 - Spridning av föroreningar i stadsdalen

48

4.4.2 - Spridning av föroreningar i den urbana vävnaden

49

4.5 LJUD

50

4.5.1 - Atmosfäriska influenser

51

4.5.2 - Absorption och reflektion

51

4.5.3 - Ljudutbredning i det urbana rummet

52

4.5.4 - Ljudutbredning i den urbana vävnaden

52

4.6 MATERIA OCH LANDSKAPETS BESTÅNDSDELAR

54

4.6.1 - Ytegenskaper hos olika material

54

4.7 SLUTSATS

55

referenser kapitel 4

5	MIKROKLIMATKOMPONENTERNAS PÅVERKAN PÅ MÄNNISKANS FYSISKA VÄLBEFINNANDE	58
	5.1 SOLSTRÅLNING	58
	5.1.1 - UV-strålning	58
	5.1.1.1 - Föreskrifter och allmänna råd - UV-strålning	59
	5.1.2 - Värme	59
	5.1.2.1 - Effekter på fysiskt välmående - värme	62
	5.1.2.2 - Föreskrifter och allmänna råd - värme	62
	5.2 DAGSLJUS	62
	5.2.1 - Föreskrifter och allmänna råd - dagsljus	63
	5.3 VIND	64
	5.3.1 - Termiska effekter	64
	5.3.2 - Mekaniska effekter	66
	5.3.3 - Föreskrifter och allmänna råd - vind	66
	5.4 LUFTKVALITET	66
	5.4.1 - Föreskrifter och allmänna råd - luftkvalitet	68
	5.5 LJUD	69
	5.5.1 - Föreskrifter och allmänna råd - ljud	71
	5.6 TERMISK KOMFORT I UTEMILJÖER	72
	5.7 SAMMANFATTNING	74
	5.8 DISKUSSION	75
	referenser kapitel 5	

6	DESIGNSTRATEGIER FÖR MIKROKLIMATET I STADSRUMMET	79
	DESIGNSTRATEGI 1 - VIND	82
	DESIGNSTRATEGI 2 - SOLSTRÅLNING	88
	DESIGNSTRATEGI 3 - DAGSLJUS	94
	DESIGNSTRATEGI 4 - LJUD	96
	DESIGNSTRATEGI 5 - LUFTKVALITET	99
	referenser kapitel 6	

7	DISKUSSION	105
	FORTSATT FORSKNING	
	SAMLADE REFERENSER	110

SAMMANFATTNING

Urban design handlar om att forma den fysiska miljön för att tillgodose stadslivet ur alla dess aspekter. Detta är en komplicerad uppgift som kräver integration och översättning av olika intressenters intressen till ett designförslag vidare till förverkligandet av de rumsliga konstruktionerna i stadsmiljön. Det urbana mikroklimatet beror till stor del på stadens morfologi, materialisation och landskapets beståndsdelar. Stadens inflytande på klimatet tar sitt uttryck genom olika fysiska principer som reflektion, absorption och avdunstning. Därför är det viktigt för planerare och arkitekter att ha goda grundläggande kunskaper om hur, och i vilken omfattning den urbana miljön påverkar det urbana mikroklimatet, och de bakomliggande fysiska principerna. Uppsatsen identifierar dessa principer och redogör dels för den urbana miljöns påverkan på mikroklimatet, och dels för hur mikroklimatkomponenterna i sin tur påverkar människans fysiska välmående.

Uppsatsen är baserad på en litteraturstudie och presenterar forskning inom det specifika området för urban mikroklimatologi och det generella området för förtätning som hållbar stadsutveckling. Båda områdena studeras i syfte att identifiera sammanlänkande faktorer och belysa brister. Den huvudsakliga frågeställningen för litteraturstudien är: *hur ser sambandet mellan förtätning och urbana mikroklimat ut och hur kan utformningen av urbana miljöer bidra till mikroklimat som stödjer människans fysiska välmående?* Frågan består av två delar vilka besvaras och analyseras separat i uppsatsens första del. Den andra delen presenterar designstrategier för respektive mikroklimatkomponent vilka är baserade på resultatet av litteraturstudien i första delen. Tanken är att uppsatsens andra del ska kunna användas separat.

ABSTRACT

Urban design is all about shaping the spatial environment to accomodate the urban life from all points of views. This is a complicated task that demands integration and translation of different stakeholders interests into a design proposal and further on to the realization of the spatial constructs of the urban environment. The urban microclimate is much dependant on the morphology of the city, the materialization and the landscaping. The city's influence on the climate expresses itself through different spatial principles such as reflection, absorption and evapotranspiration, which is why it is important for urban planners and architects to have good basic knowledge of how, and to what extent the urban environment can influence the urban climate. The essay identifies these principles and describes the influence of the urban environment, but also how the microclimate components affect the human well-being.

The study presents research on the specialized field of urban microclimatology and the generic field of the compact city as an urban design method for sustainable development. Both areas are studied in order to identify aspects that link them together, and to illustrate deficiencies between them. The main research topic for the litterary study is to study the relationship between densification and urban microclimates, and to investigate how the design of urban environments can contribute to a microclimate that supports man's physical well-being. The topic is divided into two parts that are answered and analysed seperately in the first part of the essay. The second part presentes design strategies for each of the microclimate components, based on the findings in the first part. The idea is that the second part can be used separately.

TERMINOLOGI

Ämnen som urban design, förtätning eller urbana mikroklimat är väl utbredda i större delar av världen, vilket resulterar i att större delen av den litteratur, fakta och genomförda studier som finns att tillgå är på engelska. Detta innebär till stor del också att de ord, uttryck och fraser som används och myntas naturligt är på engelska. I de fall dessa ord och uttryck inte finns på svenska, eller är gamla och förlegade, används istället de engelska uttrycken. Det finns dock ett undantag: urban canyon. Ett engelskt uttryck som i svenska texter översätts till kanjon eller stadsravin. Då jag tror få människor i branschen relaterar till en kanjon som något stadsmässigt, och ordet ravin kan förknippas med något med storskaligt och ibland negativt, har jag istället valt att introducera uttrycket stadsdal. En stadsdal är en av de mest använda modellerna som används för att beskriva byggnaders yta och de öppna utrymmena mellan dem. Kortfattat kan man säga att stadsdalen är ett urbant, linjärt utrymme, såsom ett gaturum, som avgränsas av vertikala element på båda sidor, likt väggarna av intilliggande byggnader. Som modell, kan stadsdalen representera både en återkommande modul som den strukturerade urbana ytan utgör, och ett individuellt utrymme som på marknivå definieras av människor och urban aktivitet. Nedan följer några andra begrepp och förkortningar som antingen översatts från engelska, eller används i sitt engelska uttryck genom uppsatsen.

Albedo - ett materials vithet, eller reflektionsförmåga. Ju högre värde, desto bättre reflektionsförmåga

BBR - Boverkets Byggregler

DF - Dagsljusfaktor

Diffus solstrålning - solstrålning som når ned till mark- eller havsnivå genom ljusspridning i atmosfären

Direkt solstrålning - solstrålning som når ned till mark- eller havsnivå utan att spridas i atmosfären

BTA - bruttoarea (exploateringsgrad)

BYA - byggnadsarea (en byggnads totala avtryck på markytan)

H/B - höjd/bredd-relation (gällande gaturummet)

HK - Himmelskomponenten (från engelskans *Sky View Factor*) - Den del av dagsljusfaktorn som beror på direkt himmelsljus mot den studerade punkten i rummet. Hur stor del av himlen som är synlig från en given punkt på markytan.

FoHM - Folkhälsomyndigheten

Konvektion - förflyttning av termisk energi, värme, genom material orsakat av skillnader i dess densitet. Exempelvis värmerörelsen från solstrålning till värmestrålning genom en byggnadsmassa vilket påverkar inomhustemperaturen.

L/H - längd/höjd-relation (gällande gaturummet)

MST - medelstrålningstemperaturen

PCI - Park Cool Island

PM - Particulate Matter (partiklar)

UBL - Urban Boundary Layer (gränsskiktet)

UCL - Urban Canopy Layer (trädkroneskiktet)

UHI - Urban Heat Island (urban värmeö)

UV - ultraviolett

WCT - Wind Chill Temperature

WHO - World Health Organization (Världshälsoorganisationen)

LISTA ÖVER BILDER, FIGURER & TABELLER

- Bild 1** Lindängen - De fyra flerbostadshusen syns till höger i bild. Källa: Trianon, 2016b. Flygfoto: Ingvar Nilsson. Fotomontage: Andreas Frykman, Panorama Arkitekter
- Bild 2** Karlshamn - Parhusens placering ovanpå gallerian (tv) och utsikten från takterrasserna (th). Foto: Emina Kovacic
- Bild 3** Gaturum där man smalnar av körbanan för att lämna plats åt grönskan. Foto: Anna Davéus, Berlin 2016
- Bild 4** Ett 'knepigst område' som med enkla medel försetts med grönska (och som dessutom samutnyttjas); Klunkerkränich takträdgård är anlagd på taket av en galleria i Berlin. Foto: Anna Davéus, Berlin 2016
- Bild 5** Vegetationen skapar skugga på trottoaren men tillåter en del av solstrålarna att leta sig ner till marknivå. Foto: Anna Davéus, Berlin 2016
- Figur 1** Invånartäthet i bostadsområden i tre Australiensiska storstäder 1976. (Fritt efter Baker et al., 2000)
- Figur 2** Ett mesoklimat omspannar generellt sett det urbana landskapet i sin helhet, dvs ett vidsträckt område mellan ca 10-200 km. Lokalklimatet däremot innefattar områden från 100m upp till ca 50 km. Klimatet så som vi upplever det runtom knuten - i kvarteret eller i trädgården, brukar sammanfattas som mikroklimat och kan alltså vara klimatförhållanden från ett litet område på bara några millimeter upp till 1 km. (Fritt efter Johanna Sjöman Deak i Sjöman & Slagstedt, 2015 kap. 3).
- Figur 3** Generaliserad sektion av en UHI. (Fritt efter på Oke 1987)
- Figur 4** Orsaker till Urban Heat Islands (UHI). Fritt efter Oke (1987) & Kleerekoper et al. (2012)
- Figur 5** Blå och gröna fält indikerar lägre temperaturer - platser med vegetation där temperaturen mäter ca 17-23 °C. Gula, orangea och röda ytor indikerar högre temperaturer och är markytor av betong eller asfalt som värmts upp under förmiddagen. Sjöman & Slagstedt (2015 kap. 3)
- Figur 6** Typisk dygnsvariation av lufttemperaturen i städer och på landsbygden (vänster) och den resulterande intensiteten av Urban Heat Islands under natten (höger). Fritt efter Oke (1987) & Ereil et al. (2011).
- Figur 7** Schematisk bild av en stadsdal (Urban Canyon): den öppna ytan som begränsas av fasader, mark, tak, det imaginära planet mellan hustaken, och luften inom detta område. (Fritt efter Pijpers-van Esch, 2015)
- Figur 8** Studerade morfologiska parametrar (Fritt efter Van Esch et al., 2007)
- Figur 9** Arketypiska urbana former (Fritt efter Ratti et al., 2003)
- Figur 10** Vindflöden i stadsdalen. (Fritt efter Oke, 1987)
- Figur 11** Isolated roughness flow. (Fritt efter Oke, 1987)
- Figur 12** Wake interference flow. (Fritt efter Oke, 1987)
- Figur 13** Skimming wind flow regime. (Fritt efter Oke, 1987)
- Figur 14** Dubbla virvlar i stadsdalar med $H/B = <0.6$ (Fritt efter Chan et al., 2001)
- Figur 15** Schematisk skiss på virvelns form där vindriktningen är vinkelrät mot stadsdalens axel. (Fritt efter Chan et al., 2001)
- Figur 16** Schematisk skiss över hur den differentiella uppvärmningen av stadsdalens ytor påverkar vindflödet. Fritt efter Cheng et al. (2009)
- Figur 17** Schematisk skiss över mängden förorenade ämnen i situationer då vinden träffar stadsdalen vinkelrätt
Fritt efter Assimakopoulos et al. (2003) & Xiaomin et al. (2006)
- Figur 18** Ljudkällor. (Fritt efter Pijpers-van Esch, 2015)
- Figur 19** Diffraction och reflektion över taken. (Fritt efter Hornikx & Forssén, 2007)
- Figur 20** Olika typer av reflektion beroende på det reflekterande materialets textur, ytbehandling och färg. (Fritt efter Pijpers-van Esch, 2015)
- Figur 21** Jordens energibalans. (Fritt efter Pijpers-van Esch, 2015)
- Figur 22** New York city Zoning Resolution. (Fritt efter City of New York, 1916)
- Figur 23** Läplanterings kontur, artsammansättning och porositet har inverkan på både vindhastigheten och vindflödet
(Fritt efter Gustavsson & Ingelög, 1994)
- Figur 24** Läplanteringar i stadsdalen - hur de påverkar vindflödet och luftföroreningshalten i stadsdalen (Fritt efter Kjellström, 2008)
- Figur 25** Ett enkelt 'kuvertplan' som garanterar byggnadens soltillgång, definierat av ett imaginärt lutande plan. Ingen del av den intilliggande byggnaden får projicera över planet. (Fritt efter Ereil et al., 2011)
- Figur 26** Illustrationen visar rekommenderat antal hushöjder som bör räknas in mellan byggnaderna för att förse utemiljöerna med tillräckligt mycket solljus. Den övre illustrationen antyder att det behövs ett avstånd på tre hushöjder i sydligaste Sverige, medan den nedre illustrerar ett behov av fem hushöjder i övre Norrland. (Fritt efter Svensson & Eliasson, 1999)
- Figur 27** Ett nätverk av stadsdalar med sekundära, utanpåliggande fasader och atrium (ritade i blått) ger innergårdar med lägre ljudnivåer.
(Fritt efter de Ruiter, 2004)
- Figur 28** Fiktiv utveckling av en akustisk stadsdal - buller kan reduceras med hjälp av olika typer av avskärmningar. (Fritt efter de Ruiter, 2004)
- Tabell 1** Atmosfärisk absorption. (Saurenman et al., 2005)
- Tabell 2** Vindkriterier för utemiljöer. (Kursis et al., 1982)
- Tabell 3** Tabellen illustrerar den upplevda temperaturen beroende på vindens hastighet. När utomhustemperaturen är runt 0° C och vindhastigheten uppnår ca 10 m/s upplevs klimatet sju grader kallare än vad termometern visar. (OFCM, 2003)
- Tabell 4** Direktiv 2008/50/EC (EU, 2008) - Högsta tillåtna värden för olika föroreningar
- Tabell 5** Världshälsoorganisationen (WHO, 2006b) - riktlinjer för luftkvalitet
- Tabell 6** Ljudnivåer dBA (Trafikverket, 2015)
- Tabell 7** Världshälsoorganisationen (WHO, 1999) - rekommendationer för ljudnivåer

1. INLEDNING

Har tanken slagit dig att vi människor, i våra tankar, lever våra liv inuti byggnaderna, när vi i själva verket spenderar större delen av vår tid utanför hemmets väggar; i det offentliga? Det är mellan byggnaderna som sociala aktiviteter skapas, framförallt de oplanerade. Det är här vi interagerar, eller *inte* interagerar, med människor vi kanske annars inte skulle sprungit på. Det är här vi stämmer träff med vänner och bekanta, det är här vi motionerar, det är här våra barn leker, och det är hit vi går för att andas när livet blir för stressigt. De platser, miljöer och utrymmen vi besöker för dessa, och många andra, vardagliga aktiviteter får en speciell social, kulturell och även ekonomisk betydelse för oss. I samband med detta uppstår speciella klimat på dessa platser, både sociala, kulturella och ekonomiska, men även förändringar i det rent termiska klimatet; temperatur, vind, luftfuktighet, föroreningar etc. skiljer sig från landsbygdens klimat.

I takt med att fler och fler väljer att bosätta sig i städerna ökar trycket på kommuner och byggherrar att bygga nya bostäder vilket blir svårare och svårare att förverkliga i täta städer. Det kräver ofta att vi planerar bort grönytor, parkeringsplatser eller andra offentliga ytor för att lämna plats åt ny bebyggelse och nya hus. Men en stad är mer än bara hus. En stad är ingenting annat än de människor som finns där. Den kreativitet de har, de drömmar, de behov och den skaparkraft de besitter. Utan människorna har vi bara byggnader, tomma byggnader som är som antikens Rom. Människorna är det som räknas. Detta gör det extra viktigt för oss som arkitekter och stadsplanerare, men också för stadens invånare och besökare, att skapa förståelse för de offentliga miljöernas mikroklimat för att få möjlighet att kunna påverka miljöerna vi vistas och interagerar i. Utan gynnsamma klimat i offentliga miljöer - inga människor, och utan människor - ingen stad.

1.1 BAKGRUND & PROBLEMBESKRIVNING

Tanken om den kompakta staden har på senaste tiden fått globalt fäste som planeringsapproach för hållbar stadsutveckling i områden som präglas av ökad befolkning i stadskärnan. Genom förtätning och kompakt byggande syftar metoden till att motverka de negativa effekterna av urban sprawl när det kommer till ineffektiv markanvändning och andra relaterade miljömässiga problem. Trots dess fördelar förknippas förverkligandet av den kompakta staden med en rad olika problem och utmaningar. Förtättningsprocessen, inklusive konsolidering och utbyggnadsutveckling kan utgöra starka hot mot urbana grönytor (Erell et al., 2011).

Världengenomgårstudenstörstavågenavurbanbefolkningstillväxt någonsin. Sedan 2008 bor för första gången mer än hälften av jordens totala befolkning i städer, en siffra som förväntas stiga till nästan fem miljarder, eller ca 61 procent av världsbefolkningen, innan år 2030 (Förenta Nationerna, 2015; Haaland & Konijnendijk van den Bosch, 2015; Erell et al., 2011). I dagsläget är USA världens mest urbaniserade land med ungefär 87 procent av befolkningen boende i städerna, men de nya tillväxtområdena förväntas koncentreras till Asien och Afrika. Det stora städerna, megastäderna, har på senaste tiden dragit till sig mycket offentlig uppmärksamhet, men nu riktas istället fokus på mindre städer, med en befolkningsmängd under 500 000, där tillväxten kommer att ske (Erell et al., 2011). I princip erbjuder städerna en mer gynnsam miljö för att lösa sociala och miljömässiga problem än vad landsbygden gör, men den minskande tillgången på resurser innebär att det blir svårt att hantera omfattningen av

förändringen. Att ha tillgång till lugna, trygga och hälsosamma miljöer är en stor del av en människas fysiska, psykiska, sociala och ekonomiska välbefinnande, och bör därför vara en grundläggande del av nationella, och internationella, åtgärder.

Urbana mikroklimat har sedan länge varit ett stort intresse, och jag har haft stora ambitioner att utforska fenomenet vidare men aldrig hittat rätt tillfälle, förrän nu. Efter att ha gjort efterforskningar och börjat läsa på om ämnet har jag kommit till insikt att det fattas lättläst information om urbana mikroklimat för de yrkesgrupper som arbetar med stadsplanering, landskapsplanering, urban design eller arkitektur. Det visar sig att de flesta tycker ämnet är viktigt, men väldigt få lägger energi på att samla information och utbilda sig (Pijpers-van Esch, 2015). Med detta i bakhuvudet såg jag nu ett lysande tillfälle att lära mig mer om mikroklimat och förtätning och förhoppningsvis även kunna sprida kunskapen vidare.

Den så kallade *urban heat island*-effekten kan stå för en 9-gradig temperaturskillnad mellan stadskärnan och den direkta omgivningen där mängden sten och tegel spelar stor roll. En stad byggd av betong och sten är betydligt varmare än en stadsmiljö med skuggande parker och trädkantade gator (Oke, 1987). Vi vet redan mycket om vegetationens positiva effekter på urban heat islands och att vi med hjälp av ljusa material på fasader och gator, som reflekterar solens strålar, kan påverka det urbana mikroklimatet på ett positivt sätt, istället för att använda tegel- och stenbyggnader som håller kvar mycket av den absorberade värmen betydligt längre än byggnader med glas-, eller stålfasader. Vinden spelar också stor roll i det här avseendet; ett höghus som designas och utformas på rätt sätt leder till jämnare vindfördelning vilket i sin tur innebär att folk inte knuffas omkull på sina cyklar, något som framförallt är viktigt i Sverige, där cykling är en stor del av många människors liv. Vi ser också att stängda kvarter bidrar till att reducera buller och andra ljud i en stad vilket har stor effekt på vår psykiska hälsa, men det är viktigt att tänka på att de också kan påverka vindens hastighet och riktning (Pijpers-van Esch, 2015). Eftersom urban sprawl vs. förtätning blivit mer och mer omtalat de senaste åren började jag koppla ihop fenomenen och såg starka kopplingar; ju tätare en stad blir, desto mindre frisk luft når ner till de offentliga ytorna, samtidigt som solens strålar inte har någonstans att ta vägen mellan de täta byggnaderna då de studsar tillbaka från markytan, vilket leder till ökad temperatur på marken. När luftcirkulationen avtar minskar mängden syre vilket gör att luften upplevs tung, klabbig och lite obehaglig (Oke, 1987). Detta gör att vi måste kompensera den dåliga luftkvaliteten med bra ventilation och luftkonditionering i inomhusmiljöer vilket i sin tur innebär en stor påfrestning på miljön och vår hälsa, men också på ekonomin. I takt med att världens befolkning ökar och fler och fler flyttar in till städerna kommer problemen med urbana mikroklimat att öka (Landsberg, 1981). Om vi inte börjar ta tag i det nu, hur ska det då gå?

Att klimatet i stadskärnor kan vara betydligt varmare än i omgivande områden är allmänt känt i vår bransch. Vad som också är känt är att vi som stadsplanerare och arkitekter, genom att lägga mer tanke och energi på att etablera grönområden, noggrant välja material samt tänka över placering av gator och byggnader kan göra stor skillnad på klimatet. Så, varför gör vi inte det? Vi har en hel uppsättning verktyg till vårt förfogande för att förbättra, och undvika mikroklimatet, så varför använder vi dem inte? Handlar det om okunskap? Resursbrist? Platsbrist? Eller ren lathet?

1.2 FRÅGESTÄLLNING

- Hur ser sambandet ut mellan förtätning och urbana mikroklimat?
- Hur kan utformningen av urbana miljöer bidra till mikroklimat som stödjer människans fysiska välmående?

1.3 SYFTE, MÅLBESKRIVNING OCH AVGRÄNSNING

Det övergripande syftet med projektet är att behandla och utreda fenomenet mikroklimat i den tätaste staden; dess uppkomst och betydelse i urbana sammanhang, samt dess påverkan på människans fysiska välmående. Vidare är syftet att undersöka huruvida detta kan kopplas direkt till förtätning. Avslutningsvis syftar studien till att ta fram ett antal designstrategier för hur vi kan planera och bygga för att förstärka mikroklimatets positiva effekter, och minska effekterna av de negativa.

Målet med projektet är att styrka hypotesen att nya urbana mikroklimat uppstår till följd av förtätning. Studien avgränsas därför till att enbart behandla mikroklimat i urbana sammanhang, då det är där de är mest omskrivna och diskuterade, och med tanke på att det är de urbana situationerna som är av största relevans för ämnet landskapsarkitektur. Inom området för urbana mikroklimat avgränsas studien vidare till att enbart behandla de termiska aspekterna av klimatet samt ljud och luftkvalitet då dessa har en stark koppling till det termiska klimatet. Uppsatsen behandlar således inte det sociala eller ekonomiska klimatet som uppstår i städer.

Gällande förtätning avser uppsatsen *tätheten mellan byggnader*. I enskilda fall då det istället är befolkningstäthet som diskuteras framgår detta.

Målgruppen för studien är yrkesverksamma inom områden för stadsplanering, landskapsplanering, urban design och arkitektur, eller privatpersoner som önskar utveckla kunskap om urbana mikroklimat.

1.4 METOD & MATERIAL

Metodkapitlet redogör för den forskningsdesign som använts för att besvara uppsatsens frågeställning och på så sätt uppfylla dess syfte. Efter metoddelen redogörs för den huvudsakliga litteratur som använts inom forskningsdesignen, samt eventuell kritik mot dessa.

Litteraturen har samlats in genom en sökning i olika databaser så som Epsilon och Primo, olika statliga verksamhetsidor och bibliotek i Lund, Alnarp och Malmö.

Arbetets grund är en hermeneutisk litteraturstudie (Patel & Davidson, 2011) där litteratur, avhandlingar, examensarbeten och artiklar tolkas utifrån ett subjektivt förhållningssätt. Till grund för litteraturstudien ligger tidigare kunskap jag fått inom områdena för stadsplanering, arkitektur, mikroklimat och framförallt förtätning. Urvalet av litteratur är gjort utefter mitt eget förhållningssätt till ämnet och är främst baserat på relevansen till kopplingen mellan förtätning, hållbar utveckling och mikroklimat, och huvudlitteraturen i studien utgörs av:

- Erell, Pearlmutter & Williamsons **Urban Microclimate - Designing the Spaces Between Buildings** (2011)
- Marjolein Pijpers-van Eschs doktorsavhandling från Delft University of Technology **Designing the Urban Microclimate** (2015)
- Tim Okes **Boundary Layer Climates** (1987)
- Henrik Sjöman & Johan Slagstedts **Träd i Urbana Landskap** (2015)

Första delen av litteraturstudien behandlar förtätning och urbana mikroklimat som två separata fenomen, vilka senare kopplas ihop i en analysdel där designstrategier för mikroklimat i stadsrummet presenteras. Inspirationen är framförallt de trådar gällande mikroklimat och förtätning som cirkulerar i sociala medier, samt den kunskap jag fått genom min utbildning på kandidatprogrammet för Fysisk Planering på BTH och Master programme in Landscape Architecture på SLU Alnarp. Eftersom forskningen inom ämnet är begränsad utgörs litteraturen delvis av forskarnas egna teorier, och delvis av kommuners, länsstyrelser och statens tolkning av den forskning som finns att tillgå.

Uppsatsen är som sagt baserad på en litteraturstudie där vetenskaplig litteratur, artiklar, rådgivningsdokument, statistik, och bilder studerats, vilka sedan ligger till grund för det teoretiska ramverk som redovisas i kapitel 2-5. Resultatet av litteraturstudien analyseras sedan i kapitel 6, vilken ligger till grund för de designstrategier som presenteras i kapitel 6. Den största fördelen med en litteraturstudie är den stora tillgången till skriftliga källor. Stora mängder information finns tillgängliga för mig som forskare på bekvämt avstånd, utan större kostnader, fördröjningar, eller behov av föregående överenskommelser och tillstånd. Något som därför är viktigt att utvärdera och ta ställning till är dokumentens autenticitet, trovärdighet, representativitet och innebörd (Denscombe, 2009 och Patel & Davidson, 2011).

Beständigheten i datan är också en stor fördel. Vetenskaplig litteratur och rådgivningsdokument är ofta beständiga datakällor som kan kontrolleras av andra; de finns tillgängliga för offentlig granskning.

En innehållsanalys hjälper forskaren att avslöja 'dolda' sidor av det som kommuniceras i den skrivna texten. Genom att mäta vad texten innehåller, ex. speciella ord och idéer, hur ofta dessa förekommer och i vilken ordning, positiva åsikter och olika aspekter, samt närheten mellan idéerna i texten; logiska associationer, avslöjar en innehållsanalys vad texten framställer som relevant, de prioriteringar och värderingar som framställs samt hur olika idéer hänger samman, vilket är till stor hjälp. Vad som däremot kan vara svårt att hantera är textens underförstådda meningar – huruvida betydelsen bygger på det som redan sagts, det som följer, eller till och med det som inte sägs. Innehållsanalysen är därför bäst lämpad som metod när det rör sig om enkla, direkta och påtagliga kommunikationsaspekter (Denscombe, 2009).

Nackdelen med forskning baserad på dokument är källornas trovärdighet, sekundär data och sociala konstruktioner. Det är av stor vikt att jag som forskare gör en bedömning av källans auktoritet och de tillvägagångssätt som använts för att förvärva de ursprungliga uppgifterna, för att kunna göra en korrekt bedömning av dokumentens trovärdighet. Problemet med sekundär data uppstår ofta då det är vanligt att forskare använder dokument som vanligtvis bygger på något som producerats för andra ändamål är undersökningens särskilda syfte. I samband med detta är det också viktigt att reflektera över att litteraturen kan vara baserade på upphovsmannens tolkningar, snarare än en objektiv bild av verkligheten menar Denscombe (2009).

forskningsdesign:
litteraturstudie

metod:
innehållsanalys
av dokument
vetenskaplig litteratur
rådgivningsdokument
statistik - artiklar - bilder

analys:
kvalitativ
kvantitativ

Analysdelen bygger på en kombination av kvantitativ och kvalitativ forskning, med utgångspunkt i den kvalitativa, då den typen av forskning tenderar att uppfatta ord och bilder som främsta analysenhet, vilket är mest relevant för studien. Större delen av studien bygger på undersökningar och beskrivningar vilka associeras med kvalitativ forskning, men den kommer till viss del att baseras på analys av statistik och numerisk data för att påvisa vindhastigheter, höjddata, befolkningsmängd etc. Då studien har ett begränsat omfång och involverar få människor och situationer klassas det som en småskalig och djupgående studie.

Som forskare förväntas jag hålla mina enskilda, subjektiva åsikter utanför studien och enbart analysera ren fakta, vilket associeras med kvantitativ forskning då objektiv, numerisk data existerar oberoende av forskaren, och inte anses vara ett resultat av otillbörlig inverkan från forskarens sida. Kvalitativ forskning lägger större vikt vid forskarens roll i konstruktionen av data; forskaren anses vara det centrala mätinstrumentet och värderingar, grunder, erfarenheter, identitet och övertygelser har en viktig betydelse för karaktären i den data som samlas in, och dess tolkningar. Studien kommer i det här fallet att baseras på både kvantitativ och kvalitativ forskning då det finns inslag av både numerisk data, tolkning av litteratur och framförallt, erfarenheter och värderingar inom området stadsplanering som gör att val av litteratur, fakta, och andra källor vinklas och tar en viss riktning.

Även om den valda forskningsdesignen är att göra en litteraturstudie så kan vissa tillägg ske längs vägen. Teorier och metoder kan växa fram under forskningens gång vilket gör det svårt att helt och hållet fastslå forskningsdesignen redan från början. De fortsatta urval som görs baseras på den fortsatta utvecklingen i processen då teorier kan omprövas och utvecklas som en del av processen (Denscombe, 2009).

> REFERENSER KAPITEL 1

Denscombe, M. 2009. *Forskningshandboken - för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. Originalupplaga 1998. Open University Press UK Limited

Erell, E., Pearlmutter, D., Williamson, T. 2011. *Urban Microclimate - Designing the Spaces Between Buildings*. Storbritannien. Routledge

Förenta Nationerna (FN). 2015. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*, United Nations, Population Division. Department of Economic and Social Affairs, (ST/ESA/SER.A/366). New York [Tillgänglig 2016-05-11 <http://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>]

Haaland, C., Konijnendijk van den Bosch, C. 2015. *Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review*. [online] *Urban Forestry & Urban greening* 14 (2015) s. 760-771 [Tillgänglig <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S161886671500103X> 2016-02-18]

Landsberg, H. 1981. *The Urban Climate*. London: Academic Press

Oke, T.R. 1987. *Boundary Layer Climates*. Cambridge: University Press

Patel, R. & Davidson, B. 2011. *Forskningsmetodikens grunder- Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund. Studentlitteratur

Pijpers-van Esch, M. 2015. *Designing the Urban Microclimate - A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process*; Doktorsavhandling vid Delft University of Technology, Faculty of Architecture and Built Environment, Department of Urbanism, Department of Architectural Engineering + Technology

del ett - *resultat av litteraturstudien*

FÖRTÄTNING SOM STADSPLANERINGS PARADIGM

URBANA MIKROKLIMAT

DEN URBANA MILJÖNS PÅVERKAN PÅ DESS MIKROKLIMAT

MIKROKLIMATKOMPONENTERNAS PÅVERKAN PÅ
MÄNNISKANS FYFISKA VÄLMÅENDE

2. FÖRTÄTNING SOM STADSPLANERINGSPARADIGM

Stadsbyggnad är ett ämne som diskuteras flitigt idag. En av anledningarna är att staden och stadslivet fått starkt fokus då det rinner en stark urbaniseringsvåg över Europa, och framförallt över Sverige. Som nämnts tidigare väljer fler och fler människor att bosätta sig i städerna, och 2008 kom brytpunkten då större andel av jordens befolkning bodde i städer jämfört med på landsbygden, och den siffran stiger hela tiden (SvD, 20 juli 2015). De närmaste åren, då folkmängden i Sverige förväntas öka med omkring 1,5 procent per år (DI, 13 april 2016) behöver vi mer än någonsin hitta mark för nya bostäder. Många, framförallt byggbolagen, politikerna och fastighetsmäklarna menar att lösningen är att bygga tätare städer. Men det är stor skillnad mellan fysisk och upplevd täthet. Att byggnader står tätt behöver inte betyda att saker och ting finns på korta avstånd. Det är inte tätheten i sig vi vill åt, utan de kvaliteter som den täta stadsmiljön ger, i form av närhet till diverse aktiviteter (Boverket, 2016). Den kompakta staden har på senare tid fått stor global påverkan som planeringsstrategi för hållbar utveckling. Genom förtätning syftar strategin till att motverka negativa effekter av urban sprawl, såsom ineffektiv markanvändning och därtill relaterade miljöproblem. Trots dess fördelar förknippas genomförandet av den kompakta staden med en rad problem och utmaningar vilka diskuteras nedan.

2.1 - VARFÖR FÖRTÄTAR VI?

Fenomenet förtätning lanserades på 1980-talet som ett negativt betingat fenomen - då förtätade man för att rädda nedgångna centrum. Idag bygger vi den nya staden i den befintliga - att bygga nya byggnader i befintlig bebyggelse, en utökad bebyggelsemassa med syftet att få fler människor på en specifik plats (Jörnmark et al., 2016). Det handlar i grund och botten om att det ryms fler i de områden som tidigare oavbrutet minskade i befolkningsmängd.

Förr i tiden, innan 1980, förtätade man för att fler boende i en stadsdel tillsammans kunde hålla ihop ett centrum, man ville att stadsdelscentran skulle överleva och kunna förse sin befolkning med de basala behoven (Jörnmark et al., 2016). Idag förtätar vi av helt olika anledningar, och flera av dem har bidragit till att förtätning på senare tid blivit en trend.

Sveriges befolkningsmängd har ökat kraftigt på senare år och det råder därför stor brist på bostäder i många kommuner. Många städer har utvecklats genom att växa utåt vilket resulterar i ett ökat bilberoende och att stor del jordbruksmark och naturmark tas i anspråk. Detta, som kallas urban sprawl, medför också ökade utsläpp då bilismen ökar i takt med att avstånden växer, vilket undviks genom att istället bygga bostäder i städerna (Boverket, 2016 och Haaland & Konijnendijk van den Bosch, 2015). En utspridd stad är också mindre ekonomisk då man hela tiden är tvungen att bygga nya bostadsområden längre och längre ut från kärnan vilket innebär att infrastrukturen behöver utvecklas. Förtätning utnyttjar den befintliga infrastrukturen och medför minskade utsläpp då avstånden blir kortare och möjligheterna till kollektivtrafik ökar, vilket också gynnar en hållbar utveckling, något som i sig blivit synonymt med förtätning. Att förtäta är inte bara bra för den ekologiska hållbarheten, det gynnar också den sociala eftersom tillgången till aktiviteter och sannolikheten för möten ökar i takt med att staden tätar (Jörnmark et al., 2016). Översiktsplanering lyfter ofta fram förtätning som ett medel för koppla ihop stadens olika delar i hopp om att minska segregeringen och öka tryggheten.

Något som också driver förtätningen är byggherrarna. På senare tid har vi fått en mer marknadsliberal byggsektor som vill bygga bra projekt, men de är inte stadsbyggare. Därför blir kommunens roll extra viktig då den måste agera garant för de publika platserna och se till att de tillskapas i takt med att vi bygger nya bostäder. Problemet är att kommunerna sitter med ett enormt tryck från politikerna å ena sidan, och från exploateringskontoret å andra sidan för att sälja marken dyrt.

Men, går det att förtäta hur som helst? Svaret är givetvis nej. Den huvudsakliga frågan är huruvida förtätning är en bra och resurseffektiv lösning på bostadsbristen som dessutom ger sociala vinster, eller om det är ett hot mot vettiga levnadsvillkor och något som göder både bostadsbubblan och bostadssegregationen? Men täta städer väcker också en rad andra frågor (Jörnmark et al., 2016):

- *Vad händer med landsbygden om allt fler väljer att bo i städerna? Vem ska bo på landsbygden? Vem ska odla och producera maten vi äter? Nära hälften av Sveriges 290 kommuner är stillastående eller minskande ur befolkningssynpunkt. Ska vi bara acceptera det som ett faktum och kalla det utveckling, eller ska vi med planerande åtgärder, kanske regionalpolitik, styra det mot en mer balanserad nationell utveckling?*

- *När blev staden så populär? På 1970-talet ville ingen bo i städerna eftersom kvaliteterna i staden inte var förknippade med livsmiljö utan med kontor, handel, trafik och transport. Då ville man bo i privata områden utanför staden, gärna i egen villa. Miljonprogrammen utgjordes till 1/3 (en tredjedel) av enfamiljshus vilket resulterade i att städerna var till för bilar, parkeringsplatser och de som inte hade några alternativ, ofta människor på samhällets skuggsida. Detta innebär att torg och parker främst befolkades av det så kallade A-laget - hemlösa och missbrukare.*

Så, vad hände med det privata? Nu vill vi bo mitt i vimlet i nära anslutning till sociala och kulturella aktiviteter, vi vill, till skillnad från 60- och 70-talets tankesätt kunna ta oss runt utan att behöva använda bilen. Vi vill kunna gå till jobbet och förskolan, cykla till affären och gymmet, och på sin höjd ta bussen till helgens utflykter. Dagens intresse för stadsmiljön är i det avseendet positivt.

- *Hur socialt är det att bygga tätt? Ett av argumenten för att bygga tätt är att människor vill komma närmare varandra för att utveckla ett socialt liv och interagera. Men vad händer när vi bara förtätar genom att bygga bostäder? Vad händer med de ytor vi behöver för att interagera och ha ett socialt liv? Grönytor? Torg? Ytor för uteserveringar? Ska vi bara umgås hemma hos varandra? Hur socialt hållbart är det? Hur ser innergårdarna ut om vi bygger höga byggnader som skymmer solljuset? Hur blir det med förskolornas utemiljöer?*

Täthetens paradigm har länge fått råda över stadslivets kvaliteter. Solljuset når inte ner på våra innergårdar och uteplatser. Att bygga tätt ur sociala aspekter är bra, men att bara bygga täta städer räcker inte, då förenklar vi hur dagens stadsbyggande egentligen bör gå till.

- *Att bygga tätt innebär inte alltid att bygga miljömässigt hållbart. Många anser att täta städer är mer miljömässigt hållbara och att ju fler människor som bor på liten yta, desto mindre reser vi. Men det är inte sant. Stockholmarna reser mest av alla svenskar (SvD, 20 juli 2015). Vi åker till sommarställen, shoppingcentrum utanför staden, kanske till naturområden och större parker och till andra aktiviteter som inte ryms i stadskärnan. Tanken om att den täta staden är mer miljömässigt hållbar baseras på att alla stannar på samma plats, men den logiken kantrar. Resvanor beror på så många andra saker.*

Tänker man på energiaspekten kan det däremot vara mer miljömässigt hållbart att bygga tätt; att bygga kedjehus, radhus, eller parhus förbrukar mindre mängd byggnadsmaterial och medför lägre uppvärmningskostnader vilket anses mer hållbart.

2.1.1 - FÖRTÄTNINGENS UTMANINGAR

En av de största utmaningarna med förtätning är att planera, och bygga utan att bygga bort stadens kvaliteter (Haaland & Konijnendijk van den Bosch, 2015; Buyadi et al., 2015). Och hur bygger vi tätt på bästa sätt? Vi hör ofta, i olika sammanhang, att grönytor bebyggs, att friytor försvinner, att dagsljuskraven inte längre går att uppnå och att solljus på innergårdar prioriteras bort när vi förtätar. Vi bygger högt för att utnyttja marken så effektivt som möjligt, men höga byggnader riskerar att skymma både sikt och solljus för de hus som skymms. De riskerar också att orsaka små, mörka, och blåsiga innergårdar då solen inte når ner. Även om förtätning ofta kopplas ihop med en mer promenadvänlig stad då bilismen minskar är detta inte alltid självklart. Det är viktigt att komma ihåg att biltrafiken inte minskar bara för att vi bygger tätt. Vi måste minska bilens framkomlighet samt lägga fokus på, och ge mer utrymme åt kollektivtrafiken och de mjuka trafikanterna. Genom att utveckla kollektivtrafiken och förtäta i stationsnära lägen kan vi öka konkurrenskraften hos mindre orter och därmed minska trycket på städerna (Boverket, 2016).

En annan utmaning är att erbjuda rätt utbud för det som efterfrågas. Enligt Boverkets (2016) utredningar finns det ett relativt stort glapp mellan människors värderingar och önskan jämfört med vad som faktiskt byggs. Förtätning påstås leda till en blandad stad, både gällande bostadsbeståndet, men också funktionsmässigt. Men, förtättningsprojekt i stadskärnor resulterar ofta i höga markpriser vilket skapar höga bostadspriser, som i sig riskerar leda till gentrifiering, segregation och social ojämlikhet.

Ytterligare en utmaning med förtätning är argumentet att täta städer utnyttjar infrastrukturen bättre. Stor del av förtättningsprojekten idag sker i parker, hamnområden eller på industrimark vilket medför svårigheter då infrastrukturen i dessa områden inte alltid är utvecklad. Det är därför viktigt att prioritera och argumentera för och emot förtätningens följder i hopp om att uppnå en hållbar stadsutveckling. Är miljövinsten med en tätare stad där fler går, cyklar och åker kollektivt viktigare än den grönyta som förloras?

Risken är att tätheten går över gränsen och att ingen vet hur vi ska hantera den. Många områden som på planen hade en våningshöjd på 5-6 våningar blir i själva verket 8-10 våningar med 10-12 våningspunkthus i hörnorna. Är det hållbart?

Den tidigare utglesningen av städerna berodde mycket på att det blev för ohälsosamt, ohygieniskt och trångt, och även idag kan man tänka sig att det finns en gräns för hur tätt vi kan bygga innan kvaliteterna försämras. Hur tät kan en stad bli innan livsmiljön och livskvaliteten blir för dålig och folk väljer att flytta ut på landet? Hur mycket buller och brist på dagsljus kan vi hantera?

2.1.2 - TÄNK RÄTT TÄTT!

Det krävs ett långsiktigt tänk från kommunens sida för att förtäta på rätt sätt. En bra strategi förmedlar information till berörda, skapar dialog, och lyssnar på andras åsikter och visioner. För att skapa demokrati bjuds medborgarna in att påverka sin omgivning genom planprocessen enligt Plan- och Bygglagen (PBL), men det är kommunens uppgift att se till att kompletteringen påverkar staden på rätt sätt. Det är viktigt att skapa utrymme för att möta samhällsservicens olika markbehov och de krav och funktioner som följer med ett ökat invånarantal. Friytor och grönytor är nödvändiga ur rekreationssynpunkt och för att tillgodose klimatförändringarna med tanke på dagvattenhantering och risk för högre medeltemperatur. Dags- och solljus bör beaktas för att uppnå trivsamma och hälsosamma innergårdar och bostadsmiljöer (Boverket, 2016).

Det handlar alltså om att bygga rätt. En bra tät stad bör enligt Jacobs (1961) vara tillräckligt tät för att skapa eller möjliggöra ett socialt liv. Det är viktigt att kvarteren är tillräckligt korta för att generera ett aktivt gatuliv, att det finns inslag av gammalt och nytt för att skapa minnen, tidsdjup och berättelser och att alla delar av staden är funktionsblandade. Det är viktigt att en stad inte planeras för ett användningsområde åt gången, utan att den innefattar en bra blandning av funktioner inom samma område. Det är när vi blandar boendeformer och verksamheter i samma kvarter som vi skapar en levande stad (Jacobs, 1961). Därför är det också viktigt att kartlägga och analysera det befintliga och behovet av nytt bidrar till en bättre blandning av olika bebyggelse typer, upplåtelseformer, gaturum och friytor, fyra aspekter som alla bidrar till att stärka det sociala livet i staden. Men, det går inte att blanda hur som helst: det är viktigt att vara medveten om vilka hustyper och funktioner som går att blanda, och på vilket sätt. Det handlar om att i största mån bevara det befintliga, se det som en resurs, och i första hand satsa på platsens och områdets funktion för att sedan bygga bostäder (Boverket, 2016).

Bra förtätning bygger på att byggnader rustas upp och används mer effektivt; utrymmen som blev kontor eller delar av hus som blev hotell förvandlas till bostäder igen, vilket leder till att vi använder utrymmet mycket effektivare. Vi måste underhålla och rusta upp det vi redan har innan vi bygger nytt (Jörnmark, 2016). Ett bra alternativ är då att samutnyttja byggnader, lokaler och utemiljöer: att förskolans gård är allmän lekplats efter stängning, eller att lokala fotbolls-, handbolls- eller basketlag får nyttja skolans gymnastikhall till sina träningar. Det behöver inte bara handla om lokaler och byggnader. I Malmö till exempel är det vanligt att folk använder kyrkogårdarna för att motionera. En förtätad stad möjliggör nya funktioner på befintliga grönytor samtidigt som grönskans klimatsmarta roll blir viktigare. Nackdelen med samutnyttjande av lokaler och utemiljöer är vem som ska finansiera eventuellt slitage och inköp av nya redskap etc. Om en skola utnyttjar kommunens park regelbundet, hur fördelas kostnaderna då?

Det handlar också mycket om vilken typ av offentliga rum vi skapar. Vi kan tillföra bra offentliga rum i miljöer som saknar dem men vi är lite för dåliga på det. På en del platser skapar tätheten trängsel istället för täthet mellan människor menar Nerlund (2014). Många av de mindre bra förtättningsprojekten handlar om att placera enstaka nya bostadshus i klassiska 1940-talsmiljöer. Det krävs ett annat mer storskaligt grepp än att bara trycka ner ett eller två nya hus, det tillför ingenting. Istället skapas problem med att det blir mindre andel stadskvaliteter i relation till andelen människor (Nerlund, 2014 och Jörnmark, 2016).

Tips!

Googla Klunkerkranich Berlin för bra exempel på hur man samutnyttjar taket på en galleria!

2.1.3 - EXEMPEL PÅ BRA FÖRTÄTNING

Nedan redovisas två exempel på lyckad stadsförtätning i svenska städer. Det första projektet är hämtat från Lindängen i Malmö, där man just nu projekterar fyra nya flerbostadshus i ett befintligt bostadsområde, och det andra kommer från Karlshamn där man valt att förtäta i centrumläge utan att ta ny mark i anspråk.

MALMÖ - LINDÄNGEN

Lindängen är ett miljonprogramsområde i sydöstra Malmö som inte bebyggt med nya bostäder på över 30 år. Befolkningen består till stor del av barnfamiljer och många av dem bor trångt, vilket har skapat ett stort behov av större lägenheter i området.

Malmö Stad har valt att subventionera markpriserna i vissa stadsdelsområden för att göra dem mer attraktiva för byggherrar, och när Lindängen skulle byggas ut beslutade kommunen att sänka tomträttsavgälden under de första åren för att sedan öka den stegvis. Tomträttsavgäld är en avgift fastighetsägaren betalar till tomt-/markägaren för att få uppföra/äga byggnad på tomten. Detta möjliggjorde nya flerbostadshus på en före detta parkeringsplats vilket lockade byggherrarna Trianon AB och PEAB att bygga 156 nya lägenheter, varav 92 hyresrätter.

Man har som mål att utveckla ett socialt engagemang i området genom att anställa en fjärdedel av de som ska arbeta med skötsel och underhåll inom området från just Lindängen vilket är en del i ett projekt om att skapa delaktighet och gemenskap i området, genom att, bland annat skapa arbetstillfällen inom lokal- och fastighetsförvaltning bland arbetslösa i Lindängen (Boverket, 2016).

Arbetet är påbörjat och beräknas stå färdigt 2017/2018 (Trianon, 2016a).



Bild 1. Lindängen - De fyra flerbostadshusen syns till höger i bild.
Källa: Trianon, 2016b. Flygfoto: Ingvar Nilsson. Fotomontage: Andreas Frykman, Panorama Arkitekter

KARLSHAMN - STADSPARHUS

I centrala Karlshamn är efterfrågan på nya bostäder stor, men det finns ont om ledig mark. Översiktsplanen pekar ut stadskärnan, som också är riksintresse för kulturmiljö som utvecklingsområde och påpekar vikten av att bevara och förstärka den blandade bebyggelsen i centrum. Därför har kommunen valt att öppna upp för vertikal förtätning av centrala fastigheter med tre våningar som saknar hiss. 2013 gjorde man just detta då man valde att bygga fyra parhus ovanpå en butiksgalleria på Drottninggatan mitt i staden. 2015 byggde man ytterligare tre parhus och en friliggande villa. Då det redan fanns tillgång till infrastruktur och tack vare byggnadens goda tekniska förutsättningar var det enkelt att förtäta. En av de mest positiva aspekterna med projektet är att ingen ny mark togs i anspråk. Detta har på senare tid har skapat stort intresse utifrån då många varit intresserade av hur man lyckats bygga nya bostäder i en stad som är riksintresse för kulturmiljö samtidigt som det finns andra svenska städer med liknande gallerior i centrum där samma typ av förtätning kan bli aktuell (Boverket, 2016).

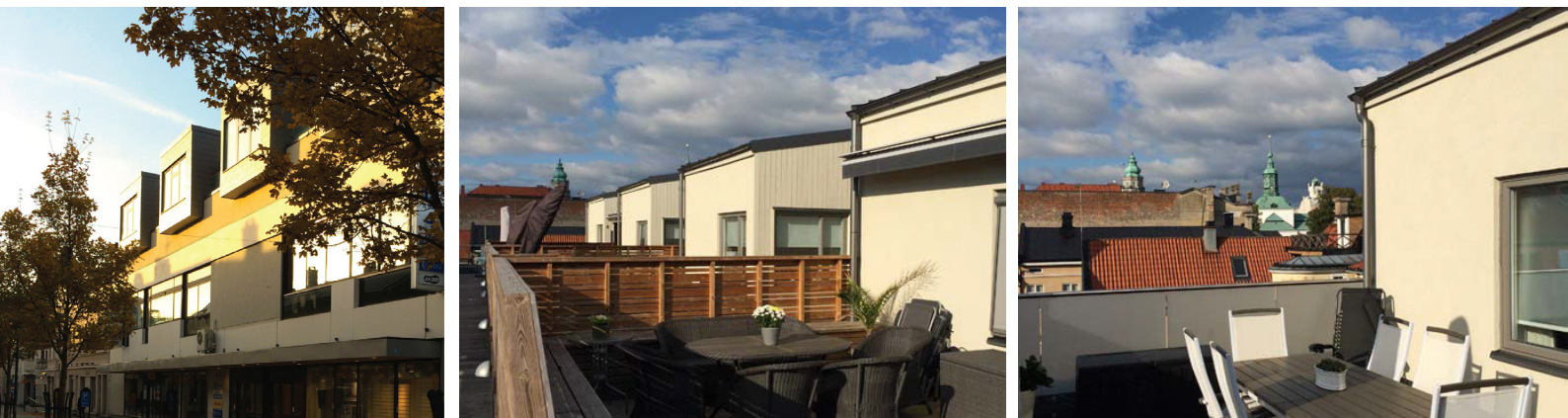


Bild 2. Karlshamn - Parhusens placering ovanpå gallerian (tv) och utsikten från takterrasserna (th).
Foto: Emina Kovacic

2.2 - URBAN DESIGN

Urban design handlar om att forma och designa stadsmiljön för att främja de aktiviteter och verksamheter som utövas och bedrivs i stadskärnan.

I syfte att uppnå integration av kunskap från områdena urban mikroklimatologi och stadsplanering krävs en bra kunskaps- och informationsöverföring från experten till den urbana designern. För att kunna anpassa informationen till mottagaren så bra som möjligt är det först och främst viktigt att ta hänsyn till relevanta innehålls-, process-, och kontextrelaterade aspekter av stadsplanering. Till att börja med är det viktigt att ta reda på vad som faktiskt designas och utformas inom stadsplanering, eftersom att detta ger en överblick över de verktyg stadsplanerare och arkitekter har tillgång till för att kunna påverka det urbana klimatet. Detta diskuteras vidare med hjälp av definitioner av urban design från litteraturen, och genom en beskrivning av de olika begreppen inom stadsplanering.

För det andra är det viktigt att veta *hur* det designas och utformas. Insikt i den mentala designprocessen och de olika designramar hos enskilda designers bidrar till att anpassa information om mikroklimat efter de yrkesverksammas behov.

Slutligen är det viktigt att överväga stadsplanerarens, eller arkitektens sammanhang i processen; vilka är de andra aktörerna i designprocessen, och vilken roll spelar designern?

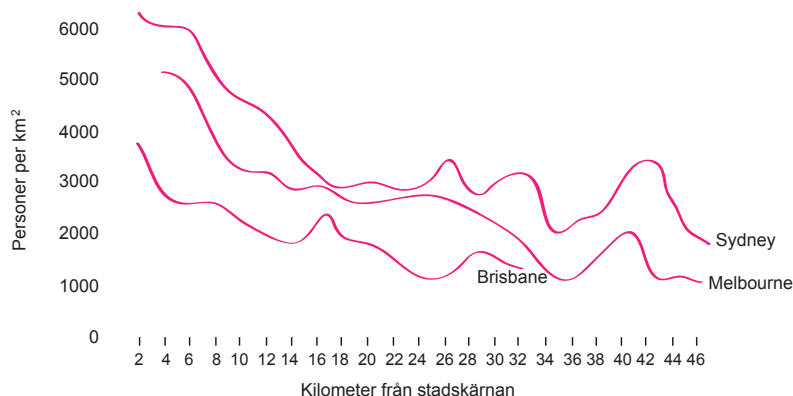
2.2.1 - DEFINITIONER FRÅN LITTERATUREN

Ordet *urban* härstammar från latinets *urbānus* ('stad') vilket antingen betyder *av en stad, i relation till en stad, belägen i en stad*, eller används som uttryck för en stads egenskaper eller stadsliv. Många, såväl forskare som utövare, har definierat urban design, eller stadsplanering, men fokus för dessa definitioner varierar från olika verksamheter inom branschen och de yrkesverksammas uppgifter, frågor om skala, närliggande yrkesområden och professioner samt stadsplaneringsprocessen och dess produkter & resultat. Nedan redogörs för en kort överblick över några av dessa definitioner som tillsammans ger en övergripande bild av föremålen för design inom stadsplanering.

Barnett (1982) definierar urban design som *"the generally accepted name for the process of giving physical design direction to urban growth, conservation, and change. It is understood to include landscape as well as buildings, both preservation and new construction, and rural areas as well as cities"*. Detta tolkas som att urban design är ett paraplyuttryck som används i processen när den fysiska utformningen riktas mot urban tillväxt, bevarande och förändring. Begreppet involverar såväl landskapet som byggnaderna - både bevarande av befintlig byggd miljö, men också nybyggnation - samt landsbygd och städer.

Erell et al. (2011) hävdar att urban syftar till storlek; densitet; en byggnads-, eller den byggda miljöns fysiska karaktär; ekonomiska funktioner; samhällsfunktioner; karaktären av det sociala livet eller till och med graden av klimatmodifiering. Motsatsen till urban är *rural*, eller country (lantlig/landsbygd). Det finns tydliga exempel i engelska språket där man talar om urban music och country music. Vi förknippar vanligtvis inte ett bostadsområde eller en grupp byggnader på landsbygden med termen urban, ändå har dessa områden angränsande ytor och miljöer som kan

bli föremål för designöverbäganden på liknande sätt som vi tar itu med klimataspekterna på ett urbant torg. Men, i takt med att samhällen ökar i storlek från by till ort till stad till storstad: var slutar landsbygden och var början stadskärnan, eller det urbana? Till och med på avlägsna platser i Australien förändrar mänskligt konstruerade anläggningar klimatet, även i liten skala. Kanske har termen urban i så fall en administrativ betydelse, på det sätt som vi förstår stad, råd, kommun, avdelning eller storstadsområde. Kanske bör urban i så fall associeras med, eller kontrasteras mot förort eller förortsmiljö? På långa avstånd, exempelvis ett utzoomat flygfoto, är det relativt enkelt att urskilja vad som utgör stadskärna och landsbygd, men på närmare håll blir det svårare. Om man promenerar ut ur en stad, märker man då när landsbygden eller förorten börjar? Att studera invånartäthet kan vara ett sätt att särskilja staden med landsbygden, men var drar man gränsen?



Figur 1. Invånartäthet i bostadsområden i tre Australiensiska storstäder 1976. (Fritt efter Baker et al., 2000)

Ett invånardiagram, likt det i figur 1, har ofta en eller flera distinkta toppar vilket gör det svårt att urskilja gränsen mellan stadskärna och landsbygd.

Svårigheten ligger dock i att hitta en bra, alternativ beskrivning. Termer som platsdesign och rumsdesign eller platsskapande och rumsskapande lyckas inte fånga den totala känslan av vad den här uppsatsen försöker förmedla. Generellt kan man säga att urban design omfattar all typ av konstruktion, utformning och samordning av allt som har med städer att göra, och i den här uppsatsen bör termen förstås i den vidaste bemärkelse som gäller för varje situation där mänskligt konstruerade anläggningar förändrar rådande klimat. Urban design kan alltså spänna från en bedömning av strukturen av en stad, till kvarter och gator, samt utrymmen kring, och mellan byggnader inklusive innergårdar. Om vi ser stadsklimatologi och byggnadsklimatologi som komponenter i spektrumet så kan stadsklimatologi lämpligen betraktas som alla aspekter av klimatet utanför byggnaden.

2.2.2 - ELEMENTEN INOM URBAN DESIGN

BYGGNADERNA	... är de mest uttalade elementen i stadsplaneringen - de formar och definierar utrymmet genom att bilda stadens väggar. Vål utformade byggnader, och grupper av byggnader, skapar tillsammans en stark känsla av plats.
DE OFFENTLIGA RUMMEN	... utgör vardagsrummen i staden - den plats där människor möts och samlas för att njuta av staden och varandras sällskap. De offentliga rummen möjliggör hög livskvalitet i staden - de sträcker sig från stora torg och plazas till små lokala kvartersparker och pocket parks som alla utgör scenen och skapar en bakgrund till stadens drama.
GATORNA	... skapar samband mellan rum och platser, samtidigt som de utgör platser i sig själva. De definieras av sin fysiska dimension och karaktär samt angränsande byggnaders storlek, skala och karaktär. Gatornas storlek varierar från stora boulevarder och avenyer likt Champs-Elysees i Paris till små intima gågator i svenska småstäder. Något som däremot är likvärdigt för alla städer är att det är gatunätets mönster som utgör den största delen av det som definierar en stad, och det som gör varje stad unik.
INFRASTRUKTUREN	... kopplar ihop stadsdelar och bidrar till att forma dem, samtidigt som de möjliggör rörelse över hela staden. Vägar, järnvägar, cykelstråk och gångvägar bildar tillsammans ett komplett rörelsesystem i staden och det är balansen mellan dessa som definierar stadens kvalitet och karaktär, vilket ofta antingen gör dem fotgängarvänliga, eller -ovänliga. De bästa städerna, i det här avseendet, är de som höjer fotgängarupplevelsen och minskar de hårda trafikanternas dominans.
GRÖNSTRUKTUREN	... är den gröna delen av staden som slingrar sig fram i form av stadsparker, trädkantade gator, växter, blommor och vatten i flera former. Det gröna hjälper till att definiera karaktären och skönheten i en stad och skapar mjuka, kontrasterande miljöer och element. Grönstrukturer i städer sträcker sig från stora parker som Central Park i New York och Londons Hyde Park till små intima kvartersparker och ännu mindre pocket parks.

Erell et al., 2011

> REFERENSER KAPITEL 2

Baker, E., Coffee, N. och Hugo, G. 2000. *Suburbanisation vs. Reurbanisation: Population Distribution Changes in Australian Cities*. [online] Utdrag ur Australia: State of the Environment Second Technical Paper Series (Human Settlements), Serie 2, Department of the Environment and Heritage. [Tillgänglig <http://secure.environment.gov.au/soe/2001/publications/technical/suburbanisation/index.html> 2016-04-08]

Barnett, J., 1982. *An Introduction to Urban Design*. New York, Harper & Row

Boverket, 2016. *Rätt tätt - en idéskrift om förtätning av städer och orter*. [online] Boverket, Publikationsservice. Karlskrona. [Tillgänglig <http://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2016/ratt-tatt/> 2016-04-12]

Buyadi, S.N.A., Mohd, W.M.N.W., Misni, A. 2015. *Vegetation's Role on Modifying Microclimate of Urban Resident*. [online] Procedia - Social and Behavioral Sciences 202 (2015) s. 400-407

DI (Dagens Industri) 13 april 2016. *SCB: Rekordstor befolkningsökning kommande år*. [online] [Tillgänglig <http://www.di.se/finansuell-information/telegram/?NewsId=040fe965-dfb2-498a-bf66-a8ff573ed984> 2016-04-15]

Erell, E., Pearlmutter, D., Williamson, T. 2011. *Urban Microclimate - Designing the Spaces Between Buildings*. Storbritannien. Routledge

Haaland, C., Konijnendijk van den Bosch, C. 2015. *Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review*. [online] Urban Forestry & Urban greening 14 (2915) s. 760-771 [Tillgänglig <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S161886671500103X> 2016-02-18]

Jacobs, J. 1961. *The death and life of great American cities*. New York. Random house Inc. 2002 års upplaga. s. 141-238

Jörnmark, J., Forsemalm, J., Palmås, K. 2016. *Göteborg - mellan segregation och kreativitet*. Göteborg. Tangent

Nerlund, H. 2014. *Förtättningsstrategier i efterkrigstidens förorter*. [online] Utdrag ur Bebyggelsehistorisk tidskrift 76/2014. s. 76-82 [Tillgänglig http://media.bebyggelsehistoria.org/pdf/BHT67_2014.pdf 2016-04-12]

SvD (Svenska Dagbladet), 20 juli 2015. *Förtätning av staden har sina gränser*. [online] Debattartikel 2015-07-20 [Tillgänglig <http://www.svd.se/fortatat-stockholm-har-blivit-sjalvandamal/om/debatt> 2016-04-12]

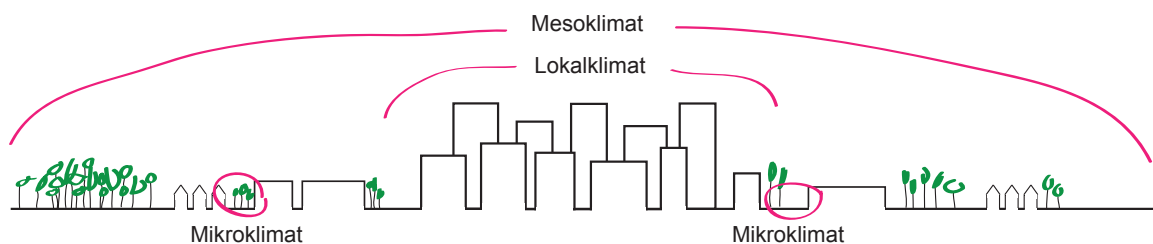
Trianon, 2016a. *Nybyggda lägenheter på Lindängen*. [online] [Tillgänglig <http://www.trianon.se/140-nya-lagenheter> 2016-04-13]

Trianon, 2016b. *Vårsången - bostadsområdet med de generösa grönyrtorna*. [online] [Tillgänglig <http://www.trianon.se/varsangen-new> 2016-04-13]

3. VAD ÄR URBANA MIKROKLIMAT?

Klimatet i staden varierar kraftigt under året, vilket till stor del beror på stadens geografiska läge på jordklotet. En stads omgivning är också en kraftigt bidragande faktor till stadsklimatet då omkringliggande landskap påverkar genom faktorer som topografiska variationer, altitud, vattenmassor och marktäcken. Detta innebär att urbana områden i samma region kan ha helt olika förutsättningar gällande odlingsklimat och växtförhållanden vilket blir tydligt vid jämförelser mellan en kustnära tätort och en längre in mot land. Kanske ligger den senare mitt i ett åkerlandskap, eller i en dalgång i anslutning till en kallluftsficka. Båda tätorterna skapar egna, unika förutsättningar och förhållanden för lokalklimatet (Sjöman & Slagstedt, 2015).

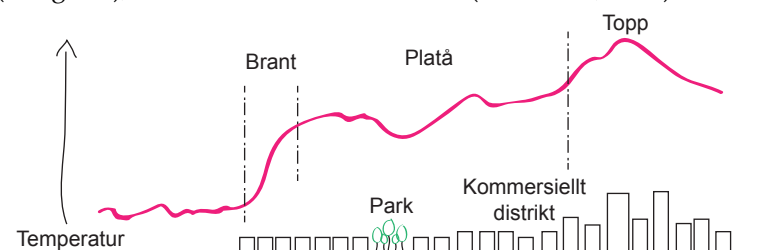
Begreppet klimat inrymmer en rad underbenämningar, de som är intressanta för den här studien är *mesoklimatet*, *lokalklimatet* och *mikroklimatet*. Mesoklimatet sträcker sig normalt sett ca över ett område mellan 10-200 km och lokalklimatet mellan 100 meter och ca 50 km. Mikroklimatet sträcker sig bara inom ett område av någon millimeter upp till ca 1000 meter, se figur 2 (Oke, 1987 & Erell et al., 2011). Därav kan vi dra slutsatsen att stadsklimatet är en typ av lokalklimat som i sin tur består av en uppsättning mikroklimat. Detta arbete behandlar främst mikroklimatets uppkomst, påverkan och effekter.



Figur 2. Ett mesoklimat omspänner generellt sett det urbana landskapet i sin helhet, dvs ett vidsträckt område mellan ca 10-200 km. Lokalklimatet däremot innefattar områden från 100m upp till ca 50 km. Klimatet så som vi upplever det runtom knuten - i kvarteret eller i trädgården, brukar sammanfattas som mikroklimat och kan alltså vara klimatförhållanden från ett litet område på bara några millimeter upp till 1 km (Fritt efter Johanna Sjöman Deak i Sjöman & Slagstedt, 2015 kap. 3).

3.1 - URBAN HEAT ISLANDS

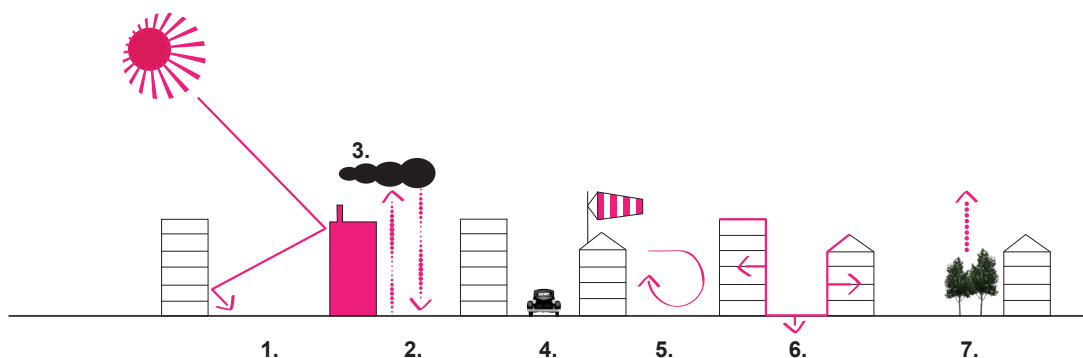
Urbana värmeöar är ett av de viktigaste uttrycken för det urbana klimatet och har varit i fokus för mycket av forskningen sedan Luke Howard år 1818 först beskrev fenomenet för London Stad. Under särskilda väderförhållanden går det att urskilja väsentliga temperaturskillnader mellan en stad och dess omgivande landsbygd (Erell et al., 2011; Buyadi et al., 2015). När isotermer dras för ett aktuellt område, syns staden (stadskärnan) som en serie koncentrisk, slutna linjer som visar högre temperaturer med de högsta värdena registrerade vid, eller nära stadskärnan (se figur 3); detta kallas *urban heat island* (Erell et al., 2011).



Figur 3. Generaliserad sektion av en UHI. (Fritt efter Oke, 1987)

Det finns flera orsaker till uppkomsten av urbana värmeöar, men de viktigaste kan härledas till husfasadernas och markbeläggningens materialegenskaper, samt till stadens rumsliga struktur (Sjöman & Slagstedt, 2015). Fenomenet uppstår då lufttemperaturen i stadsmiljön är högre än den i omgivande områden. De varierar i tid och rum som ett resultat av platsegenskaper, samt meteorologiska- och urbana egenskaper, och orsakas av någon av följande effekter (Oke, 1987):

1. Absorberande av kortvågig strålning från solen i material med hög genomsläpplighet och infångning av flera olika typer av reflektioner mellan byggnader och gatuyta.
2. Minskad värmeförlust i samband med långvågig strålning från gaturummet orsakad av obstruktion av himlen, byggnader, träd, och andra objekt. Värmen fångas upp av hindrande ytor och absorberas eller strålas tillbaka till den urbana vävnaden.
3. Absorption och återemission av långvågig strålning från luftföroreningar i den urbana atmosfären.
4. Frisättningen av mänskligt producerad värme genom förbränningsprocesser såsom trafik, uppvärmning och industrier
5. Minskad turbulent värmetransport inifrån gator som följd av en minskning av vindhastigheten.
6. Ökad värmelagring av byggnadsmaterial med stor termisk tillgång. Städer har ofta större yta jämfört med landsbygden och kan därför lagra mer värme.
7. Minskad avdunstning från tätorter på grund av 'vattentäta ytor' - mindre genomsläppliga material och mindre vegetation jämfört med landsbygden. Mer energi tillförs därför den kännbara värmen, och mindre till den latent.

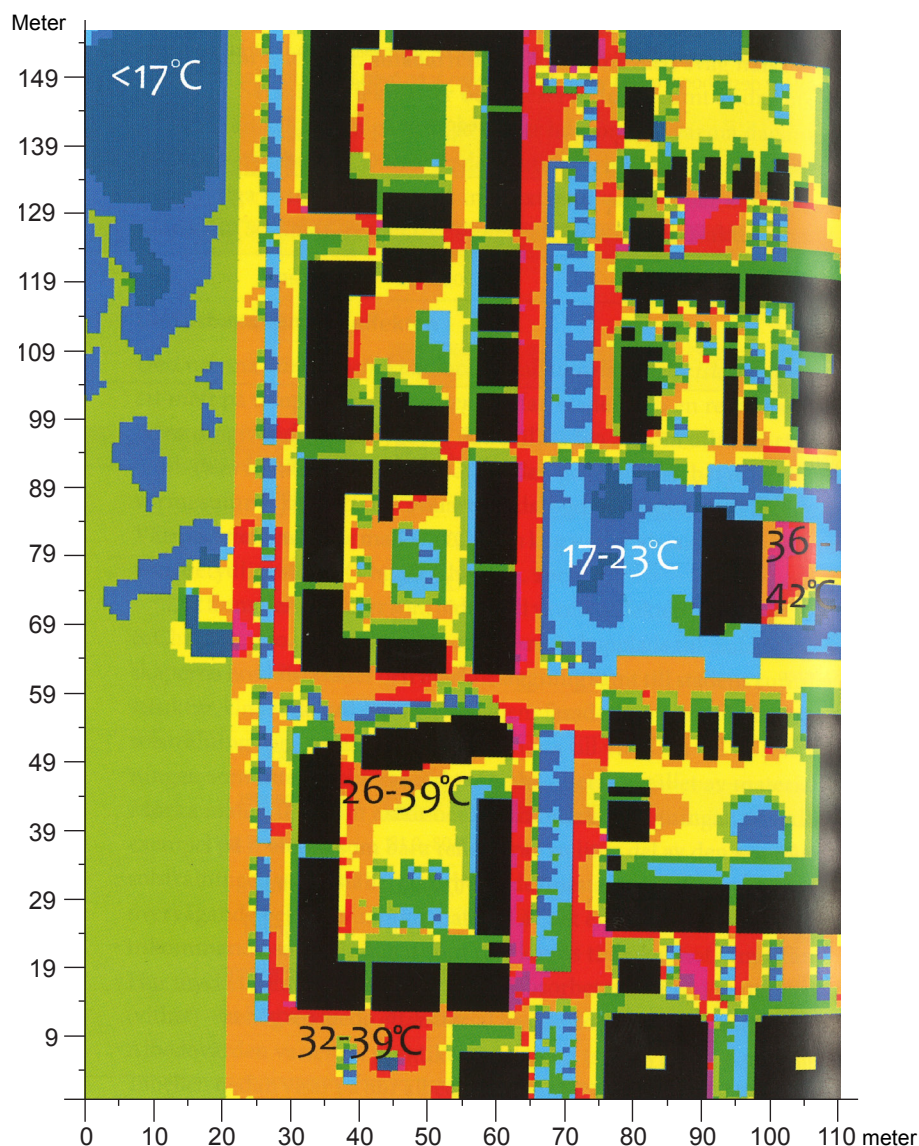


Figur 4. Orsaker till Urban Heat Islands (UHI).
Fritt efter Oke (1987) & Kleerekoper et al. (2012)

Hur mycket solstrålning som absorberas och reflekteras beror på ytans albedo (vithet): ett högre albedo-värde indikerar högre reflektiv förmåga - en svart yta har ett värde på 0,1 och nysnö 0,9. Utöver absorption och reflektion påverkar också ett materials eller en ytas värmekapacitet, eller värmelagring. Fasadmaterial som tegel, sten, asfalt och betong har hög värmekapacitet vilket innebär att de kan lagra värme länge. Aluminium och metaller har lägre värmekapacitet, men kan bli betydligt varmare under en kort period. Den solenergi som lagras i materialen under dagtid utsöndras sedan under natten vilket bidrar till högre temperaturer nattetid i stadskärnor (Sjöman & Slagstedt, 2015).

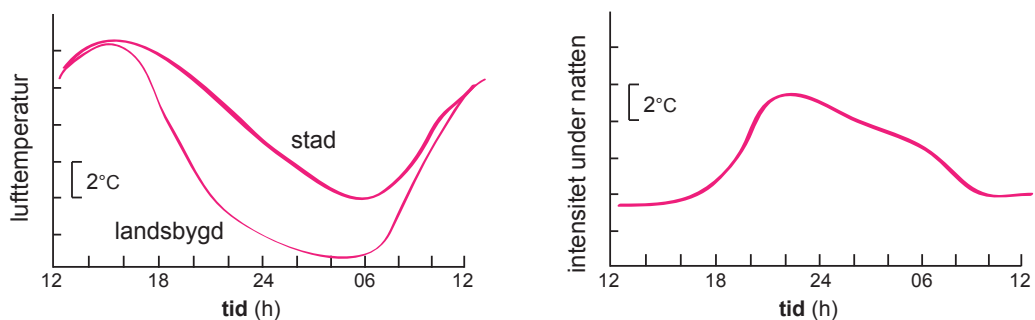
Mikroklimatet och marktemperaturerna kan variera kraftigt inom en stadsdel. Figur 5 redovisar resultatet av en klimatsimulering för ett havsnära kvarter strax norr om Malmö runt lunchtid, mitt i juli. Vädret är soligt med några få moln på himlen, och temperaturen mäts ca 22 °C.

Områden med de lägsta temperaturerna, blå och gröna fält, är platser med vegetation där temperaturen mäts ca 17-23 °C. Områden som visar de högsta temperaturerna är markytor av betong eller asfalt som värmts upp under förmiddagen.



Figur 5. Blå och gröna fält indikerar lägre temperaturer - platser med vegetation där temperaturen mäts ca 17-23 °C. Gula, orangea och röda ytor indikerar högre temperaturer och är markytor av betong eller asfalt som värmts upp under förmiddagen (Sjöman & Slagstedt, 2015 kap. 3).

Urban heat islands observeras oftast under natten (även om de naturligtvis även uppstår under dagtid) särskilt i tätastäder på låga latituder. När temperaturerna börjar sjunka under senefttermiddagen och tidig kväll sjunker de långsammare i staden än på landsbygden vilket gör att en temperaturskillnad uppstår, som normalt är som störst ett par timmar efter solnedgången (se figur 6 nedan). Trenden vänder sedan strax efter soluppgången då de urbana ytorna och luften värms upp långsammare i jämförelse med landsbygden. Processen sker över hela världen, i städer av alla storlekar och former om än med olika intensitet gällande styrka och tidsintervall (Erell et al., 2011).



Figur 6. Typisk dygnsvariation av lufttemperaturen i städer och på landsbygden (vänster) och intensiteten av Urban Heat Islands under natten som ett resultat av temperaturskillnaden (höger).
Fritt efter Oke (1987) & Erell et al., (2011)

Inne i staden sker avkylningen långsammare eftersom utstrålningen mot himlen, från fasader och gator, är begränsad av omgivande byggnader. Hur stor del av himlen som är synlig från en given punkt på marken (himmelskomponenten, HK) påverkar därför natttemperaturen i en stad (Oke, 1987). Synfaktorns varierande storlek i stadskärnan och på landsbygden är en av de viktigaste förklaringarna till att det är varmare inne i städerna. En annan viktigt faktor är skillnaden i material i staden vs. landsbygden: staden består till stor del av hårdgjorda ytor i mörka material som sten, betong och asfalt medan landsbygden är betydligt luftigare med mjukare material och mer vegetation. De hårdgjorda ytorna i mörka material har högre värmekapacitet, de kan lagra värme betydligt längre än ljusa, lätta material. Detta diskuteras i detalj i avsnitt 4.1.

Urbana värmeöar går att observera både på ytan (surface heat islands) och i jordens atmosfär, i och ovanför staden (atmospheric heat islands). Effekterna uppstår i både det urbana gränsskiktet (från engelskans *Urban Boundary layer*) och i trädkroneskiktet (från engelskans *Urban Canopy layer*) men skiljer sig i intensitet, temporalt beteende, rumslig form och grad av homogenitet. Även om deras uppkomst är ett resultat av samverkan mellan flera fysikaliska processer, går de inte att observera samtidigt, varken i tid eller i rum, och deras egenskaper är olika:

ATMOSPHERIC HEAT ISLANDS	SURFACE HEAT ISLANDS	<p>...uppstår när temperaturen på urbana ytor är högre än den omgivande landsbygdens ytemperatur.</p> <p>... är vanlig i städer omgivna av fuktig jord eller stora grönområden som vanligtvis är svalare än torra, ogenomträngliga urbana ytor.</p>
	CANOPY-LAYER HEAT ISLANDS	<p>... uppstår i luftskiktet närmast ytan i städer och sträcker sig, höjdmässigt, upp till byggnadens eller byggnadernas medelhöjd.</p> <p>... uppstår ofta under natten i stabila atmosfäriska förhållanden med få moln och svag vind, och är svagare under dagen.</p>
	BOUNDARY-LAYER HEAT ISLANDS	<p>... bildar en kupol av varmare luft som sträcker sig längs stadens vindriktning.</p> <p>... kan vara närmare en kilometer 'tjock' på dagen men krymper till några hundra meter, eller mindre, under natten</p> <p>... ändrar lätt form till en oval på grund av vinden.</p>

Erell et al., 2011

Även om komplikationerna av värmeö-effekten kan kännas skrämmande så är de idag inte ett särskilt stort problem i Sverige och resten av Norden, snarare tvärtom. Under de kallare årstiderna bidrar effekten med en behagligare utemiljö, och påverkan på stadens grönytor blir lätt att avläsa. Det är dock viktigt att tänka på att en högre värmesumma bidrar till ökad evapotranspiration vilket leder till en mer omfattande vätskeomsättning. Strategierna för detta presenteras i avsnitt 6.1.

Utöver de rent termiska aspekterna av klimatet diskuteras även mikroklimatkomponenterna *ljus* och *luftkvalitet* som delar av stadsklimatet. Detta beror till stor del på att de i stor utsträckning påverkas av det termiska klimatet, men också på grund av att de har stor påverkan på människans fysiska välbefinnande.

3.2 - PARK COOL ISLAND

Effekterna av små, lokala parker i heterogena tätorter har legat i fokus för intensiva studier den senaste tiden, framförallt då det visat sig att mikroklimatet i bebyggda miljöer skiljer sig väsentligt från de på landsbygden. *Park cool islands* (PCI) är ett uttryck för den mer allmänna oaseffekt som ibland uppstår i en park belägen i en urban värmeö där lufttemperaturen i större parker kan vara betydligt lägre än i den omgivande tätorten, eller stadskärnan (Erell et al., 2011).

Park cool islands definieras av skillnader i ytemperaturen, eller i lufttemperaturen där effekterna av temperaturvariationen på ytan försvagas av den turbulens som uppstår nära markytan och vindens advektion. Skillnaden däremellan är viktig, och glöms tyvärr ofta bort av stadsplanerare och arkitekter då antaganden lätt görs att parker alltid är svalare än den omgivande bebyggelsen, vilket inte alltid är fallet. Under dagen påverkas den uppmätta temperaturen vid markytan av huruvida det finns skugga eller inte, av markbeläggningens albedo, tillgången till vatten och av den underliggande markens termiska egenskaper. Dessa egenskaper styr mottagandet av solstrålning, dess absorption och betydelsen av evaporativ nedkylning. På natten är det istället ytornas termiska egenskaper och den radiativa geometrin som kontrollerar avkylningen.

Park cool islands uppstår antingen under dagen eller under natten. Men, varje park har ett eget regelbundet dygnsmönster vilket tyder på att uppkomsten av park cool islands beror på ett antal ömsesidigt uteslutande faktorer (Erell et al., 2011).

Park cool islands som bildas under dagtid uppstår som ett resultat av de kombinerade effekterna av markfuktigheten och skuggningen i området då träd skuggar ytan, och gräs generellt sett är svalare än de flesta solida ytor under dagen, förutsatt att de är välvattnade. Detta resulterar i att urbana parker är som svalast på eftermiddagen eller tidiga kvällen. Däremot riskerar träden att hämma den långvägiga strålningens nedkylning under natten då de blockerar en del av himlen, medan överflödigt fukt ökar värmekapaciteten i marken, vilket saktar ner markytans nedkylning (Erell et al., 2011).

De cool islands som istället bildas på natten uppstår vanligtvis i torra stadsparker med ett glest trädbestånd och drivs av nedkylning via den långvägiga strålningen, särskilt om himmelskomponenten är nära 1. Himmelskomponenten (HK) anger hur stor del av himlen som är synlig från gaturummet. En plan, öppen yta har ett högt HK-värde, medan platser där himlen skymms av byggnader, träd eller andra föremål har ett proportionellt mindre värde (Oke, 1987). Eftersom avdunstningen är relativt liten under natten spelar den inte så stor roll i uppkomsten av den här typ av park cool island. I sådana parker kan dagstemperaturen ibland vara något högre än i omgivande bebyggelse (Erell et al., 2011).

> REFERENSER KAPITEL 3

Boverket, 2016. *Rätt tätt - en idéskrift om förtätning av städer och orter.* [online] Boverket, Publikationsservice. Karlskrona. [Tillgänglig <http://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2016/ratt-tatt/> 2016-04-12]

Buyadi, S.N.A., Mohd, W.M.N.W., Misni, A. 2015. *Vegetation's Role on Modifying Microclimate of Urban Resident.* [online] Procedia - Social and Behavioral Sciences 202 (2015) s. 400-407

Erell, E., Pearlmutter, D., Williamson, T. 2011. *Urban Microclimate - Designing the Spaces Between Buildings.* Storbritannien. Routledge

Kleerekoper, L., van Esch, M. & Salcedo, T B., 2012. *How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect.* Resources, Conservation and Recycling 64 (2012), s. 30-38

Oke, T. R. 1976. *The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands.* Atmosphere, vol 14. s. 268-277

Oke, T.R., 1987. *Boundary layer climates.* London, Methuen. Andra upplagan

Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.), 2015. *Träd i urbana landskap.* Lund, Studentlitteratur AB. Kapitel 3, s. 231-322

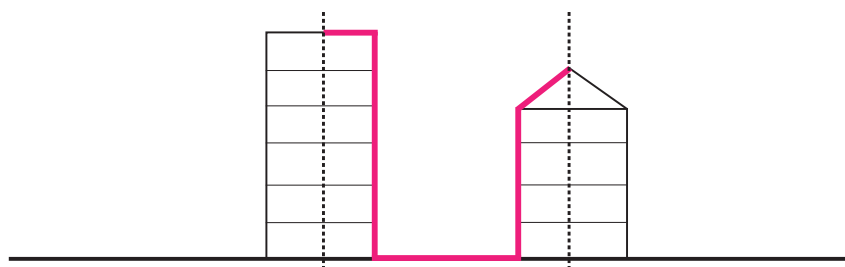
4. DEN URBANA MILJÖNS PÅVERKAN PÅ MIKROKLIMATET

Urbana mikroklimat påverkas i allra högsta grad av morfologi, materia och stads- och landskapsplanering. Följande kapitel behandlar stadsmiljöns påverkan på dess mikroklimat i form av en litteraturstudie.

En av de mest välkända effekterna av den urbana miljöns påverkan på mikroklimaten är *Urban Heat Islands* (UHI-effekten), vilket diskuterats i föregående kapitel. Omfattningen av temperaturskillnaderna varierar i tid och rum som ett resultat av platsegenskaper, samt meteorologiska- och urbana egenskaper.

Det är inte bara de termiska komponenterna, utan alla klimatkomponenter som modifieras av stadsmiljön, med relaterade effekter på vårt fysiska välmående (Kapitel 5). Kapitlet beskriver stadsmiljöns påverkan på var och en av de urbana mikroklimatkomponenterna solstrålning, dagsljus, vind, luftkvalitet och ljud, och varje avsnitt beskriver effekterna i trädkroneskiktet (*Urban Canopy Layer*) i stadsdalen och i den urbana vävnaden. Det djupa gaturummet, eller *stadsdalen* definieras som den öppna ytan, begränsad av fasader, mark, tak, det imaginära planet mellan hustaken, samt luften inom detta område, se figur 7. Den *urbana vävnaden* kan ses som ett system av sammanlänkande stadsdalar. Gatukorsningar, skillnader i byggnadshöjder och speciella element såsom torg och andra slutna utrymmen orsakar fenomen utöver dem i enskilda stadsdalar.

Avsnitt 4.1 till 4.5 fokuserar på påverkan av morfologiska aspekter; stadens *stomme*, på vart och ett av mikroklimat-elementen separat. Avsnitt 4.6 diskuterar påverkan av materia, arkitektur och stadsplanering - den avslutande detaljerna. Dessa egenskaper hos den urbana miljön är lättare att förändra och kan användas som begränsande åtgärder, de behandlas därför separat.



Figur 7. Schematisk bild av en stadsdal (Urban Canyon): den öppna ytan som begränsas av fasader, mark, tak, det imaginära planet mellan hustaken, och luften inom detta område (Fritt efter Pijpers-van Esch, 2015)

4.1 - SOLSTRÅLNING

Innan solens strålar når jorden passerar de genom atmosfären vars beståndsdelar och moln reflekterar delar av solens kortvägiga strålning tillbaka ut i rymden. Resterande del överförs direkt till jordytan. Jorden i sig reflekterar delar av denna direkta strålning, ca 3%, och absorberar resterande del. Den absorberade strålningen överförs tillbaka till atmosfären som långvägig strålning (värme), varav en liten del överförs direkt till rymden, medan den större delen absorberas och återemitteras till jorden av atmosfären.

Den kortvågiga strålning som absorberas av molnen och atmosfären överförs också som långvågig strålning, delvis till jorden och delvis till rymden. Balansen mellan inkommande och utgående strålning, både långvågig och kortvågig, är inte i jämvikt; det finns ett överskott av inkommande strålning. Detta överskott kompenseras genom en omvandling av energi till kännbar värme och latent värme. I urbana miljöer spelar mänsklig värme - värme som frigörs genom mänsklig aktivitet - också stor roll för energibalansen (Oke, 1987 samt Sjöman & Slagstedt, 2015).

Den urbana energibalansen kan beskrivas som:

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A$$

där:

Q^* =	Nettostrålningsflöde (skillnaden mellan inkommande och utgående kortvågig och långvågig strålning)
Q_F =	Mänskligt värmefflöde
Q_H =	Kännbart värmefflöde
Q_E =	Latent värmefflöde
ΔQ_S =	Förändringar i lagringsvärmefflödet
ΔQ_A =	Förändringar i advektivt värmefflöde (netto)

Källa: Oke, 1988a

Mänsklig värme är alltså värme som frigörs genom mänskliga aktiviteter och består huvudsakligen av värme från förbränningsprocesser, såsom trafik, uppvärmning och nedkylning, samt industrier. Omfattningen av denna term beror mycket på människors individuella energianvändning, befolkningstäthet, och typ av verksamhet eller aktivitet. Den rumsliga variationen av det antropogena värmefflödet i en stad kan vara ganska hög där de högsta värdena återfinns inom affärsdistrikt och industriområden. Omfattningen skiljer sig också från stad till stad.

Det kännbara värmefflödet är utbytet mellan olika ytor, eller mellan en yta och luften, vilket resulterar i en temperaturändring. Värmefflödet bestäms huvudsakligen av temperaturskillnaden mellan ytan (vägg eller mark) och luften; ju större skillnaden är, desto större blir flödet. När en yta är i direktkontakt med solen kan den nå en hög temperatur vilket resulterar i att det kännbara värmefflödet når sin topp. En fasad i österläge kommer därför ha som högst flöde på morgonen och en lägre topp senare på dagen i det fall då en motsatt yta reflekterar solstrålning. En fasad i västerläge har en lägre topp på morgonen och som högst flöde under eftermiddagen.

Flödet mot en fasad i söderläge är mer eller mindre symmetriskt runt lunch, och har totalt sett de högsta värden av alla riktningar (Nunez & Oke, 1977). Det kännbara värmefflödet beror mycket på inkommande och utgående strålning, vilket diskuteras senare i detta kapitel, men också på de termiska egenskaperna hos ytmaterialet.

Det latent värmefflödet utgörs av den värmeöverföring som är nödvändig för att avdunstningen av vatten från jord, vegetation, öppet vatten, och material som innehåller fukt, ska fungera. Den

värme som krävs för att vattnet ska kunna ändra fas extraheras från luften eller ytan. Ju mer vatten och värme som finns att tillgå, desto större blir effekten. Det latent värmeflödet är normalt sett mycket mindre i stadskärnor jämfört med landsbygden då det finns betydligt mindre vatten att tillgå i städerna på grund av de många 'vattentäta ytorna' - lägre andel genomsläppliga material och mindre växtlighet än på landsbygden. Effekterna av evapotranspirationen diskuteras i avsnitt 4.6. Det finns en relation mellan det latent och det kännbara värmeflödet - ju högre latent värmeflöde, desto mindre kännbart värmeflöde.

Lagringsvärmeflödet är förändringar i värmelagringen i det urbana systemet, och består huvudsakligen av de ledande värmeflödena i beläggnings- och byggmaterial då värmelagringen i luften är av mycket mindre omfattning. Precis som med det kännbara värmeflödet, är det konduktiva flödet hos en yta som störst när solens strålar reflekteras direkt mot ytan (Oke, 1988a). Storleken på flödet beror på inkommande och utgående strålning, vilket gör att det oftast är negativt på natten på grund av att långvågig strålning förloras till himlen.

Det advektiva värmeflödet utgör transporten av värme genom luft rörelser. Denna del av energibalansen är vanligtvis väldigt liten vilket gör att den ibland negligeras.

Stadsdalens morfologi och vävnad har stor inverkan på nettostrålningen då den kan styra solens strålar genom att antingen släppa igenom eller blockera dem och genom att främja eller hindra långvågig strålningsförlust mot himlen (Oke, 1988a).

4.1.1 - STRÅLNING I DET URBANA RUMMET

Solen kan ge direkt strålning till en given punkt förutsatt att dess strålar når ytan utan att störas av hinder. Gaturummets höjd/bredd-relation spelar därför stor roll: en stadsdal med högt H/B-värde präglas av mindre direkt strålning nere vid markytan, eftersom de höga byggnaderna hindrar solens strålar från att ta sig hela vägen ner i dalen. Stadsdalar i nord-sydlig riktning har en fördel då de nås av solens direkta strålar även under de kortaste dagarna på vintern då solen står som lägst. Byggnaderna i dessa stadsdalar, med fasader mot öst och väst, bestrålas på morgonen och eftermiddagen medan stadsdalar som löper öst-väst istället tar emot solens direkta strålar vid markytan. Detta leder till att markytan och luften värms upp under en längre period varje dag, men det ger också viss komfort runt lunchtid, då marken skuggas (Oke, 1987). Stadsdalar i öst-västlig riktning har en fördel då de nås av solens direkta strålar (och därmed också skuggas beroende på hur dalen är utformad) under vår och höst, men de är kraftigt skuggade under vintern.

Fasader i österläge nås av solens direkta strålar på morgonen, och den bestrålade ytans omfattning ökar fram till lunch, medan den bestrålade ytan på fasader i västläge är som störst strax efter lunch, och minskar sedan under eftermiddagen. Fasader i söderläge har störst bestrålad yta vid lunchtid under vintern; under vår, sommar och höst är ytan istället som störst på morgonen och kvällen. Fasader exponeras för kortvågig strålning som reflekteras från yta till yta där den del som inte reflekteras istället absorberas av materialet. Då mörka material absorberar större mängd solstrålning, och städer till stor del består av mörka material, blir absorptionen i en stad hög (Sjöman & Slagstedt, 2015).

Takform har också stor betydelse när det kommer till storleken av den bestrålade gatuytan. Stadsdalar med öst-västliga gator bör ha byggnader med pulpettak då detta ger högre avkastning än platta- och sadeltak under de kallare årstiderna, vilket innebär ett behagligare klimat i utomhusmiljöer under dessa säsonger. Pulpettak förser gaturummet med skugga på morgonen och sena kvällar under sommaren, men platta tak ger något mer skugga under dagen. I raviner med nord-sydliga gator ger sadeltak bäst skugga på morgonen, medan pulpettak skuggar mer på eftermiddagen (van Esch et al., 2012).

Mängden diffus strålning i det urbana rummet beror mycket på hur stor del av himlen som är synlig från gaturummet, himmelskomponenten (HK). En plan, öppen yta har ett högt HK-värde och kan därför ta emot stor mängd diffus strålning, medan platser där himmeln skymms av byggnader, träd eller andra föremål har ett proportionellt mindre värde och kan således ta emot betydligt mindre mängd diffus strålning (Oke, 1987).

4.1.2 - STRÅLNING I DEN URBANA VÄVNADEN

Strålningsutbytet av byggnader i vävnader med låg BTA (bruttoarea); höga och smala byggnader på relativt stora avstånd, påverkas betydligt mer av H/B-relationen än byggnader i vävnader med högt BTA; stora, låga byggnader på kortare avstånd, vilket framförallt blir tydligt på vintern. Detta beror till stor del på den stora fasadytan som områden med låga BTA har jämfört med vävnader med högre exploateringsstal. Fasaderna skuggas mer och mer i takt med att H/B-värdet stiger, vilket minskar strålningsutbytet med byggnaderna (Oke, 1987). Vävnader med hög BTA tar emot den största mängden strålning på taket och påverkas därför mindre av variationer i gaturummets H/B-relation. Det genomsnittliga HK-värdet hos en byggnad i en vävnad med låg BTA, vilket också innebär att det finns potential för passiv nedkylning genom minskade mängder långvågig strålning, påverkas mer av variationer och förändringar i gaturummets H/B-värde än vävnader med höga e-tal.

Vävnader med byggnader i söderläge längs öst-västliga gator kan förse gaturummet med störst mängd solljus vid markytan till skillnad från byggnader i öst-västliga lägen längs nord-sydgående gator. Skillnaderna i mängden solljus som når markytan minskar i takt med att H/B-värdet och byggnadsdjupet i gaturummet ökar (Erell et al., 2011).

Solstrålningen i stadskärnan påverkar också stadens träd och bidrar till en längre och något förskjuten växtperiod jämfört med den omkringliggande landsbygden. Vid en jämförelse mellan Malmö centrum och Alnarpsparken, belägen ca 7 km nord-nordväst om Malmö, konstaterades det att bladutspringet hos bland annat hästkastanjen (*Aesculus hippocastanum*) sker två veckor tidigare i centrala Malmö, och att bladfällningen därmed också inträffar ca två veckor senare jämfört med Alnarpsparken. Detta betyder alltså att den totala växtperioden kan vara upp till en månad längre i stadskärnan än på landsbygden (Sjöman & Slagstedt, 2015).

4.2 - DAGSLJUS

Dagsljus är solstrålning i det synliga spektrat, och kommer från solen och himlen. Det varierar beroende på tid på dygnet, årstid och väderförhållanden. För att bedöma dagsljusnivåer delar man in väderförhållandena i tre kategorier; mulet väder, klar himmel och delvis mulet. Mulet väder genererar lägst andel dagsljus och används därför oftast som 'worst case scenario'.

Dagsljusfaktorn (DF) består av flera olika komponenter: *himmelskomponenten* (HK) + *utereflekterad komponent* (URK) + *innereflekterad komponent* (IRK), och anger hur stor del av belysningsstyrkan från en oavskärmd mulen himmel mot en horisontell yta som når en punkt i ett rum (Löfberg, 1987).

4.2.1 - DAGSLJUS I DET URBANA RUMMET

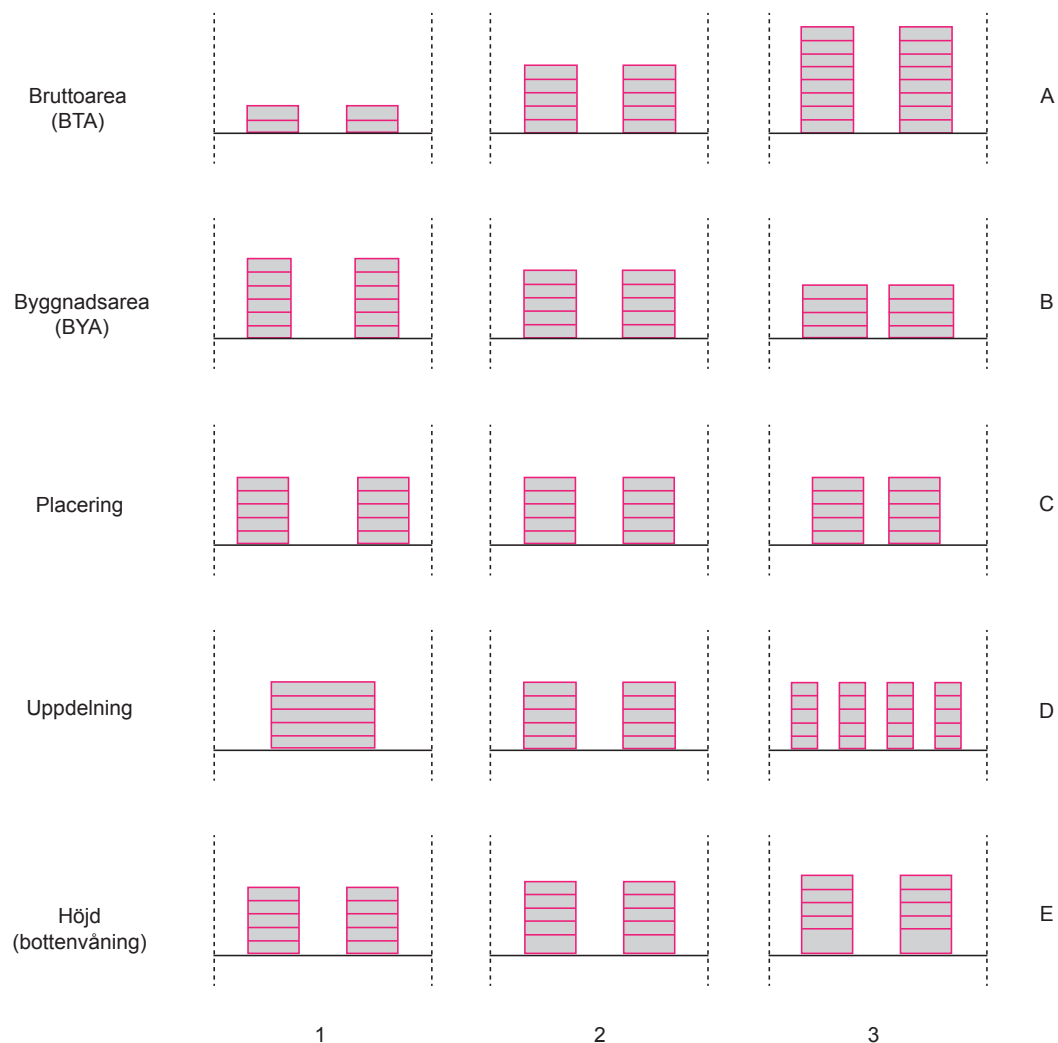
Generellt sett får utomhusmiljöer merparten av sitt dagsljus direkt från himlen - undantag kan orsakas av beläggningar eller stora utsprång från byggnader. Inomhusmiljöer däremot, har ofta begränsad sikt mot himlen. Stadsdalens geometri har stor påverkan på mängden golvyta (inomhus) som tar emot dagsljus direkt från himlen såväl som ljus reflekterat från yttre ytor.

En studie genomförd av van Esch, Hordijk och Duijvestein (2007) identifierade ett antal morfologiska parametrar som påverkar dagsljuset i stadsdalen (figur 8 på nästa sida): *bruttoarea* (BTA) (A), *byggnadsarea* (BYA) (B), *placering* (C), *uppdelning* (D) samt *höjd på bottenvåningen* (E). När man jämförde områden med samma BTA men olika byggnadsareor (BYA) visade det sig att de situationer med höga, smala byggnader är bättre för dagsljusinsläppet än de med låga, kompakta byggnader.

Att variera avståndet mellan byggnader och öka gatubredderna på bekostnad av trädgårdsdjup, eller vice versa, verkar inte göra någon skillnad för andelen direkt upplyst golvyta (inomhus). I en jämförelse mellan djupa byggnader, placerade på långt avstånd från varandra, och smala byggnader placerade nära varandra, framkom det att det inte heller uppstår någon markant skillnad i dagsljusprestanda (van Esch et al., 2007). Detta förutsätter naturligtvis att det är samma BTA och täckning i alla situationer.

Något som också spelar stor roll för dagsljuset i stadsrummet är den externt eller utereflekterade komponenten (URK) (Wa-Gichia, 1998). I stadsdalar med höga höjd/bredd-värden ($H/B > 1,5$) och hög albedo ($> 0,75$) kan vi uppnå hög andel dagsljus även på de lägsta våningarna. Detta kan till och med kompensera för den förlorade sikten mot himlen som blockeras av byggnader, överhäng eller beläggningar.

Wa-Gichias studie (1998) visar också att när H/B -relationen är låg (0,86) och reflektionsförmågan är hög (0,6) resulterar reflektionen av solljus på motsatta fasader i en genomsnittlig inomhusbelysning starkare än den som uppmäts utan blockerande objekt, på samtliga våningsplan. Samma effekt kan uppnås på de högre våningarna i stadsdalar med höga H/B -relationer ($H/B=3$) (Wa-Gichia, 1998). Viktigt att notera är dock att detta fenomen bara uppstår då den motsatta fasaden är i direktkontakt med solen, alltså bara vid klart väder. Högre H/B -relationer resulterar således i allmänhet i lägre medelbelysning inomhus, men materialets reflektionsförmåga spelar stor roll.



Figur 8. Studerade morfologiska parametrar (Fritt efter Van Esch et al., 2007).

Ljusreflektionen från motsatta fasader bidrar till en jämnare distribution av belysning i hela stadsdalen, men också inuti byggnaderna placerade längs med dalen där de bakre utrymmena i byggnaderna gynnas mest (Wa-Gichia, 1998).

Vid delvis mulet väder spelar placeringen/riktningen av byggnader stor roll för stadsdalens dagsljusprestanda, framförallt på vintern. Öst-västliga dalar, med byggnader i nord-sydlig riktning, överskuggas ofta, eftersom att solen står så lågt under vinterhalvåret. Nord-sydliga stadsdalar däremot är i direktkontakt med solen runt lunch, vilket höjer dagsljusnivåerna genom reflektion (Wa-Gichia, 1998).

4.2.2 - DAGSLJUS I DEN URBANA VÄVNADEN

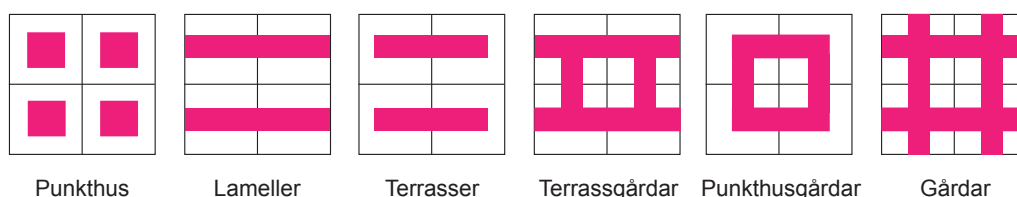
Idén med stadsdalen bygger mycket på en sammanhängande byggnadshöjd för samtliga byggnader längs stadsdalen. Gator följer visserligen en struktur, framförallt bostadsgator, men det är vanligt med märkbara skillnader i byggnadshöjder och därför är det viktigt att inte bara studera dagsljuset i själva *dalen*, utan också i det urbana rummets *vävnad*.

Ng (2005) har studerat påverkan av skillnader i byggnadshöjd genom att beräkna de vertikala dagsljusfaktorerna vid bottenvåningens fasadmitt på 25 byggnader. Sexton scenarier med varierande byggnadshöjd, men samma densitet (samma BTA och BYA) testades och resultaten visar att lägsta dagsljusfaktorn förblir relativt konstant, men medelvärdet och den maximala dagsljusfaktorn ökar avsevärt i takt med att skillnaderna i byggnadshöjd ökar.

Men, det är inte bara byggnadshöjderna som påverkar dagsljuset i den urbana vävnaden, även korsningar, sidobyggnader och byggnadsvingar påverkar tillgången på dagsljus.

Ratti et al. (2003) har studerat dagsljusprestanda hos sex arketypiska urbana former: *punkthus*, *lamellhus*, *terrasser*, *terrassgårdar*, *punkthus-innergårdar* och *gårdar*. Uppsättningarna har samma BTA och samma möjlighet att vara 'potentiellt passiva', vilket innebär att all nödvändig belysning kan tillhandahållas av dagsljus. Som ett resultat är byggnadshöjd och -bredd, samt gatudjup och gårdsdjup olika för varje arketyper.

Uppsättningarna med punkthus och gårdar har de högsta genomsnittliga HK-värdet på fasader, vilket tyder på att dessa urbana former har högst dagsljuspotential. Skillnaderna är dock små, och Ratti et al. (2003) drar slutsatsen att fördelningen av dagsljus är relativt opåverkad av urban form när både byggd volym och relationen mellan passiv och icke-passiv är konstant på en given plats.



Figur 9. Arketypiska urbana former (Fritt efter Ratti et al., 2003).

Studien jämför också en uppsättning gårdar med två uppsättningar punkthus som alla har samma byggnadsvolym. I det här fallet har byggnaderna kopplade till gårdarna högsta potentiella inomhusdagsljus, tack vare ett högt *yta/volym-värde* och litet byggnadsdjup (Ratti et al. 2003). Den genomsnittliga dagsljusfaktorn utomhus och himmelskomponenten är däremot betydligt lägre än de för punkthusen.

4.3 - VIND

Vind orsakas av förändringar i lufttryck, vilket i sig beror på lufttätethet som influeras av temperaturen. Värme gör att luften expanderar och får lägre densitet vilket innebär att varm luft har lägre tryck än kall luft. Vinden blåser från områden med högt lufttryck till områden med lågt tryck; ju större tryckskillnader och ju närmare varandra områdena är lokaliserade, desto högre vindhastighet.

Vindhastighet ökar med höjd ovan mark och bromsas av jordens yta eftersom den skapar friktion. Ju grövre terräng, desto mer friktion skapas (Pijpers-van Esch, 2015). Den vertikala fördelningen av den horisontella medelvinden beskrivs vanligen med en logaritmisk vindprofil:

$$U_z = U^* / \kappa \ln ((z - z_d) / z_0)$$

där:

U_z = den horisontala medelvindhastigheten på höjden z

U^* = friktionshastigheten

κ = Von Kármán konstanten (0.4)

z_d = (noll) förskjutningslängd

z_0 = aerodynamisk grovhet/skrovlighet

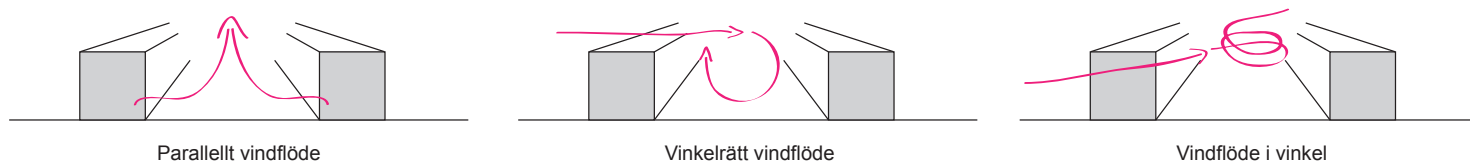
Den aerodynamiska skrovligheten (z_0) är ett mått som mäter terrängens ojämnhet. Z -värdet anger inte objektets faktiska höjd, utan kan betraktas som ett effektivt 'hinderhöjd' så som det upplevs av vinden.

Z -parametern och den logaritmiska vindprofilen kan bara användas för att förutsäga vindens medelhastigheter ovanför hindren, t ex. träd och byggnader. Luftflödets mönster i närheten av ett hinder beror mycket på hindrets geometriska förutsättningar och är därför ganska komplicerat, vilket diskuteras i kommande avsnitt.

4.3.1 - LUFTFLÖDET I DET URBANA RUMMET

Generellt sett är vindhastigheten lägre i stadskärnan jämfört med dess öppna omgivning men det kan förekomma kraftigt förstärkta lokalvindar. Man räknar med att vindhastigheten i staden är ungefär hälften så stark som vid öppen mark utanför staden, med stora variationer beroende på byggnaders placering och utformning. Mätningar visar också att vindhastigheten ovan hustaken är dubbelt så hög jämfört med fri vind vid markytan (Lindholm et al., 1988).

Det går att urskilja tre flödesmönster i stadsdalen korrelerade till vindriktningen vid takhöjden; *parallellt*, *vinkelrätt* eller *i vinkel* (snedvinklat), se figur 10.



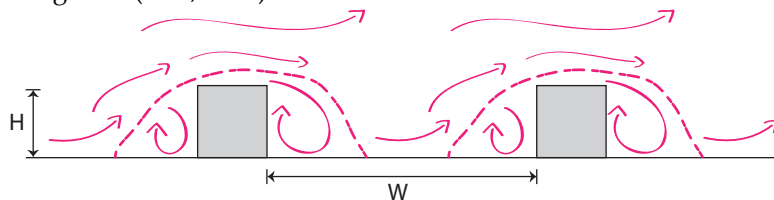
Figur 10. Vindflöden i stadsdalen (Fritt efter Oke, 1987).

När vindriktningen är parallell, eller nästintill parallell, med stadsdalens axel (inom en avvikelse på 15 grader) kan vinden blåsa rakt igenom. Vid stadsdalens öppning ökar den strömvisa och den vertikala vindhastigheten kraftigt när luft kommer in i dalen. Längre in i dalen sjunker den strömvisa vindhastigheten på grund av luft som lämnar stadsdalen vertikalt; på taknivå. På ett avstånd av $6H$ (i en stadsdal med $H/B=1$) är den strömvisa hastigheten konstant och den vertikala nästan noll (Oke, 1987). Ju högre H/B -relation, desto längre in i stadsdalen börjar detta fullt utvecklade flöde (Hang et al., 2010).

Vid läsidans öppning kommer luften in ovanifrån, från taken, och som en följd av detta kan det ske en lätt ökning av den strömvisa vindhastigheten.

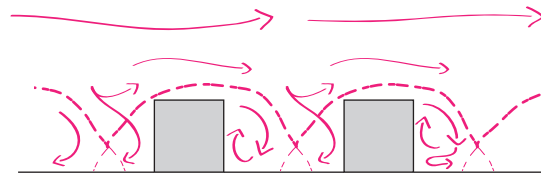
Om vindflödet är mer eller mindre rätvinkligt till stadsdalens axel är betydelsen av gatans H/B -relation som störst. Beroende på värdet kan tre underströmmar uppstå; *isolated roughness flow*, *wake interference flow* och *skimming flow regime*.

I mycket vida stadsdalar ($H/B < 0.1$) har de motstående byggnaderna ingen påverkan på varandras vindflöden. Detta innebär att flödena utvecklas likt dem som skulle bildats om byggnaderna var fristående, se figur 11 (Oke, 1987).



Figur 11. *Isolated roughness flow* (Fritt efter Oke, 1987).

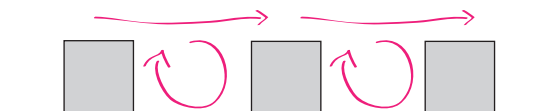
I mindre vida stadsdalar ($0.1 < H/B < 0.7$) där bebyggelsen placerats närmare varandra kommer luftvakarna på lä- och lovartsidan av respektive byggnad att påverka varandra, vilket skapar oregelbundna vindflöden, *wake interference flow*, se figur 12. Vindhastigheterna som uppnås genom dessa underströmmar är högre än de i isolated roughness-flödet.



Figur 12. *Wake interference flow* (Fritt efter Oke, 1987).

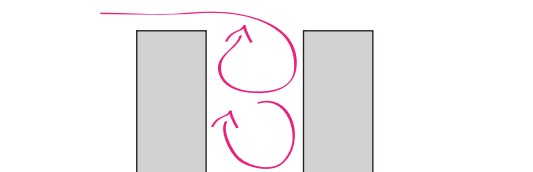
I ännu smalare stadsdalar ($H/B > 0.7$) där byggnaderna står nära varandra, passerar större delen av luften ovanför dalen vilket innebär att interaktionen mellan luftens olika lager i och ovanför stadsdalen är väldigt liten, se figur 13. De luftvakar som tidigare verkar individuellt går nu ihop och bildar en virvel. Luften som 'skummar' (från engelskans *skimming*) ovanför taken är den drivande kraften bakom virveln som rör sig genom dalen, i nedåtgående rörelse längs med fasaden. Eftersom en nedåtgående rörelse, på grund av dragningskraften är starkare än en uppåtgående ändras virvelns mittpunkt något i takt med att den rör sig ned längs dalen.

Denna typ av underströmmar, med en stabil virvel, är beroende av en relativt stark vind ovanför byggnaderna. Vid svagare vind blir cirkulationen i dalen mer splittrad (Oke, 1987 & Chan et al. 2001).



Figur 13. Skimming wind flow (Fritt efter Oke, 1987).

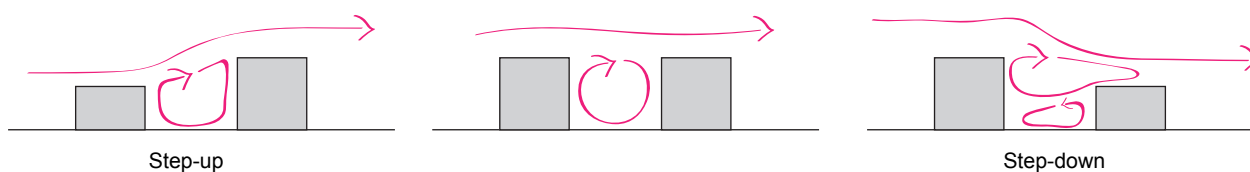
I väldigt smala stadsdalar ($H/B = > 1.6$) händer det att det bildas multipla virvlar ovanpå varandra, se figur 14. I sådana fall har virveln närmast marken lägst vindhastighet (Chan et al., 2001).



Figur 14. Dubbla virvlar i stadsdalar med $H/B = < 0.6$ (Fritt efter Chan et al., 2001).

Men, stadsdalar är sällan symmetriska; ena sidan kan var högre än den andra osv. När läsidans byggnader är högre än lovartsidans förskjuts virvelns mittpunkt uppåt, den stegras uppåt i vindens riktning (step-up) och virvelns ovansida sträcks diagonalt mellan taken på de längsgående byggnaderna (se figur 15).

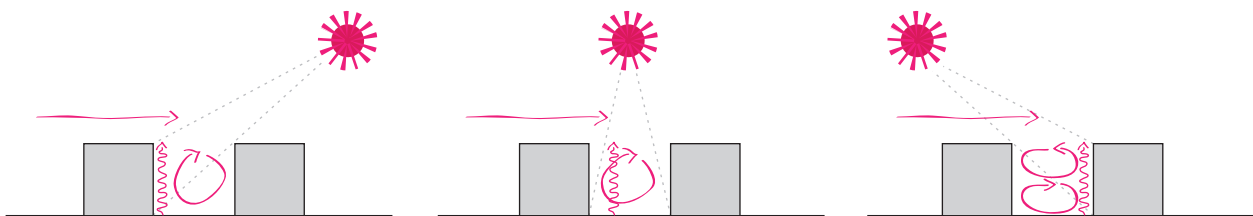
När läsidans byggnader istället är lägre än lovartsidans stegras virveln nedåt (step-down), likt tredje skissen i figur 15. Virvelns mittpunkt förflyttas uppåt i höjd med högsta byggnadens tak, ibland till och med högre. Detta gör att det skapas ytterligare en virvel under den första, i motsatt riktning.



Figur 15. Schematisk skiss på virvelns form där vindriktningen är vinkelrät mot stadsdalens axel (Fritt efter Chan et al., 2001).

Solens oregelbundna uppvärmning av stadsdalens olika ytor påverkar också vindflödet. Uppvärmning av marken och en byggnads läsida intensifierar vindflödet, medan uppvärmning av lovartsidan på en byggnad kan innebära att virvelregimen ändras från ett skummande vindflöde (skimming flow regime) med *en* virvel, till dubbla virvlar eftersom att den termiska 'flytkraften' motverkar den kalla luftens nedåtriktade flödesrörelse, se figur 16. När kall luft försöker ta sig ner i dalen värms den upp igen av den varma fasaden, vilket gör att den stiger. Det är därför svårt för kall luft att ta sig ner i täta stadsdalar.

På ett liknande sätt kan uppvärmning av marken orsaka en sekundär virvel, som roterar i motsatt riktning, vid det översta hörnet av stadsdalens lovartsida (Cheng et al., 2009).



Figur 16. Schematisk skiss över hur den differentiella uppvärmningen av stadsdalens ytor påverkar vindflödet (Fritt efter Cheng et al., 2009).

Vind som träffar stadsdalen från en vinkel producerar en ny strömningskomponent, längsgående dalens axel, som läggs till den befintliga, tvärgående komponenten, vilket resulterar i en korkskruvsliknande luftström som rör sig genom stadsdalen. Detta flödesmönster är i stort sett en sammanslagning av det rätvinkliga och det parallella vindflöden som beskrevs ovan.

Den genomsnittliga vindhastigheten är som högst i stadsdalar där vinden går parallellt, och lägst i de fall då vinden kommer in vinkelrätt (Chan et al., 2001).

Efter lokalisering/placering och H/B-värdet, har den relativa gatulängden i förhållande till gaturummets höjd (L/H-relationen) stort inflytande på vindhastigheten. Den maximala vindhastigheten ökar kraftigt på $L/H = 4-12$ och planar sedan ut. Detta innebär att korta gator är att föredra i vindiga områden (Chan et al., 2001).

Samtliga flödesmönster som redovisats ovan uppstår när vindhastigheten vid takhöjden är minst 1.5 m/s. Vid lägre hastigheter riskerar luften i stadsdalen att bli unken, oavsett vindriktning.

4.3.2 - LUFTFLÖDET I DEN URBANA VÄVNADEN

Ett stadsnät kan ses som en serie ihopkopplade urbana stadsdalar, och flödesmönster, så som de beskrivits ovan, går att finna i många olika urbana vävnader. Gatunätet å andra sidan, är det som orsakar förekomsten av ytterligare fenomen.

Varierande lufttryck i de gator som löper parallellt med vinden orsakar sug i slutet av de gator som ligger vinkelrätt mot vindriktningen. Denna effekt av tvärflöden blir starkare i takt med att gaturummet blir smalare, och kan få luftflödet inuti gaturummet att ändra riktning med 180 grader (Kastner-Klein et al., 2004). När vinden istället äntrar gaturummet från en vinkel, uppstår hörnströmmar som blåser runt gathörnet, längs med fasaden. I kombination med den längsgående komponenten av korkskruvsflödet kan detta orsaka obehag.

Vid gatukorsningar bildas horisontella virvlar, på grund av den laterala återcirkulation från byggnadshörnorna, som producerar en längsgående hastighetskomponent i stadsdalen, vinkelrätt mot den omgivande vindriktningen. I korta gaturum ($L < 6H$) hindrar längden virvlarna från att utvecklas. De laterala cirkulationszonerna strålar samman i stadsdalens mitt, vilket orsakar en stark vertikal rörelse. I stadsdalar med uppradade byggnader med lutande tak är det längsgående flödet, orsakat av den laterala cirkulationen, ännu mer påtagligt, och betydligt längre. Lutande tak kan också orsaka ett cirkulationsområde med mycket hög turbulens, som spänner från dalens lovartsida till läsidan, vilket hindrar virveln från att utvecklas (Kastner-Klein et al., 2004). Starka vindar medför också stora energiförluster från byggnader (Lindholm et al., 1988).

Om en byggnad i urban miljö är betydligt högre än de i dess direkta omgivning, åtminstone 15 meter högre eller dubbelt så hög, kommer detta att ändra flödesmönstret avsevärt. En frontalvirvel bildas på byggnadens lovartsida, vilken kan förstärkas av en cirkulationsvirvel vid den lägre byggnaden. Hörnströmmarna vid den högre byggnaden orsakar förändringar i vindflödets riktning och hastighet i de gator i anslutna till byggnadshörnen uppströms, och cirkulationsområdet från den högre byggnaden orsakar förändringar i flödesriktningen i gatorna anslutna till byggnadshörnen nedströms. Området som den högre byggnaden påverkar är betydligt mindre i ett urbant sammanhang än i det öppna landskapet. Dessutom är de områden där obehag riskerar att skapas betydligt mindre på grund av mindre höjdskillnad (Kastner-Klein et al., 2004).

Slutna utrymmen, såsom innergårdar, ger i allmänhet bra skydd från vinden. Bäst skydd ges om utrymmet är helt slutet och dess bredd och djup är mer eller mindre lika. Om det verkligen är nödvändigt med öppningar placeras de helst i linje med rådande vindriktning. Varierande öppningar kan orsaka starka tryckkortslutning och tvärgående vindflöden vilket upplevs obehagligt, och sneda vindar skapar obehag i öppna hörnkompositioner, eftersom vinden då når långt in i det öppna utrymmet (Bottema, 1993).

Det här avsnittet har diskuterat påverkan av de morfologiska egenskaperna hos byggnader och utomhusmiljöer på vinden i det urbana trädkroneskiktet (från engelskans *urban canopy layer*), och beskrivit de åtgärder vi kan ta hjälp av för att minimera vindrelaterat obehag. Viss vind är däremot att föredra, framförallt under sommarhalvåret för termisk komfort, men också under resterande månader för spridningen av luftföroreningar. Detta ämne diskuteras vidare i nästa avsnitt.

4.4 - LUFTKVALITET

Koncentrationsfördelningen av föroreningar i det urbana trädskiktet är i hög grad relaterad till vindens flödesmönster, vilket redovisas nedan. Vinden transporterar föroreningar från advektion (överföringen av värme eller materia genom flödet av en vätska) och blandar dem med renare luft genom turbulens. Båda processerna agerar för att späda ut föroreningarna. Generellt sett fångas föroreningarna in och/eller deponeras i områden med låg vindhastighet, eller där blandningen med frisk luft är begränsad; inuti virvlar, i luftvackor eller i utrymmen med unken luft.

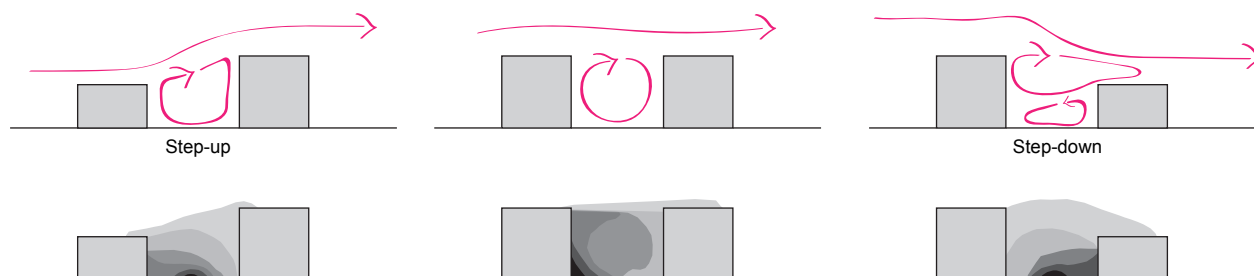
4.4.1 - SPRIDNING AV FÖRORENINGAR I STADSDALEN

När vindriktningen är parallell med stadsdalens axel ackumulerar föroreningarna längs med dalen vilket innebär att högre koncentrationer samlas nedströms. De flesta föroreningar lämnar stadsdalen genom läsidans öppning/-ar, men turbulensen och den vertikala rörelsen på taknivån tar bort vissa föroreningar. Nära läöppningen uppstår ett nedåtriktat vindflöde från taknivån vilket drar med sig föroreningar tillbaka in i stadsdalen, men generellt sett är luften renare vid läöppningen vilken minskar koncentrationen av förorenade ämnen. Koncentrationsnivåerna minskar nästan exponentiellt med höjd och är nästan =0 vid taknivån (Hang et al., 2009).

När vindriktningen istället är vinkelrät mot stadsdalens axel återfinns de lägsta koncentrationsnivåerna längs lovartsidans fasad, där relativt ren luft ovan taken antrar stadsdalen genom en nedåtgående virvel på medvindssidan av dalen. Mängden förorenade ämnen längs lovartfasaden är nästan konstant med höjden.

De högsta koncentrationerna återfinns på läsidan av stadsdalen, vid marknivån nära den vindsatta byggnaden där det bildas en stark, uppåtgående rörelse. På läsidans fasad minskar koncentrationsnivåerna i takt med att byggnaden blir högre (Kastner-Klein, 1999; Chan et al., 2002).

I fall med multipla kontra-roterande virvlar staplade på varandra i *the skimming wind flow*, och i komplexa multivirvelsystem, samt i *step-up* eller *step-down* stadsdalar, stämmer principen om att högre koncentrationshalter återfinns i uppåtgående rörelser, och lägre i nedåtgående, se figur 17 (Chan et al., 2001; Baik & Kim, 1999; Assimakopoulos et al., 2003; Xiaomin et al., 2006).



Figur 17. Schematisk skiss över mängden förorenade ämnen i situationer då vinden träffar stadsdalen vinkelrätt (Fritt efter Assimakopoulos et al., 2003 & Xiaomin et al., 2006).

Föroreningar lämnar dalen genom de uppåtgående rörelserna nära den vindsatta byggnaden och genom den högturbulenta zonen på taknivå, virveln drar däremot med sig några föroreningar tillbaka ner i dalen (Baik & Kim, 2002). När utsläppen avtar, återfinns de högsta halterna i virvelns, eller virvlarnas, mittpunkt där de fångas av de svaga vindarna. Halterna minskar sedan i takt med att avståndet från cirkelns mitt ökar (Baik & Kim, 1999). Ju bredare canyon, desto starkare dämpning av föroreningar, eftersom utbytet mellan gatuluft och omgivande luft ökar (Chan et al., 2002).

När föroreningar från andra källor rör sig från taken ner i stadsdalen, finns de högsta halterna på medvindssidan, då den nedåtgående virvelrörelsen bildar advektion, där föroreningarna samlas (Baik & Kim, 1999). När advektionen avtar lämnar de förorenade ämnena dalen genom en uppåtgående rörelse, koncentrationsnivåerna liknar då dem på gatunivå: de högsta halterna i virvelns centrum, ett område med väldigt låg luftrörlighet, som omsluts av starka 'vindar' vilket gör att föroreningarna 'stängs inne'.

Den omgivande vindriktningen påverkar också mängden föroreningar i en stadsdal (Hoydysh & Dabberdt 1988). Halterna är alltid högre på läsidans fasad än på lovartsidans, utom när vinden rör sig parallellt med fasaden, då är koncentrationsnivån lika hög på båda sidor. Halterna är som högst när vindriktningen är parallell, och lägst när vinden träffar fasaden i ca 45° vinkel. Ett sekundärt maxvärde uppstår när vindriktningen är exakt vinkelrät mot stadsdalens axel (Hoydysh & Dabberdt 1988).

4.4.2 - SPRIDNING AV FÖRORENINGAR I DEN URBANA VÄVNADEN

I situationer med en ensam källa som emitterar vid marknivå på en gata som löper parallellt med vindriktningen, begränsas föroreningarna till just den gatan; de kommer inte att sprida sig till angränsande gator. Men, i takt med att vindvinkeln ökar kommer föroreningarna blåsas in i sidogator där vissa av dem fångas i den laterala cirkulationsvirveln som uppstår i gatukorsningen (Hoydysh & Dabberdt 1988). När vindriktningen istället är vinkelrät mot stadsdalens axel kommer några av de förorenade ämnena spridas in på sidogatorna, särskilt om källan är nära gatukorsningen.

När de sedan rör sig uppåt, mot taken, sprids de över taken i vindens riktning och ner i angränsande gator där processen fortsätter.

När den omgivande vindriktningen är normal i ett vanligt gatunät med utsläpp på markplan i samtliga gator, återfinns de högsta koncentrationerna av förorenade ämnen nära väggarna i de gator som löper parallellt med vindriktningen, eftersom föroreningarna från de gator som går vinkelrätt mot vindriktningen lämnar gaturummet med utflödet nära 'botten' av gatan och ackumuleras i de förstnämnda gaturummen där de blandas med de redan befintliga utsläppen Baik & Kim, 2002).

I takt med att vindriktningen vinklas, fastnar fler och fler föroreningar i de virvlar som uppstår vid byggnadernas hörn, vilket leder till att färre föroreningar avlägsnas jämfört med normalfallet Baik & Kim, 2002 & Hang et al., 2009).

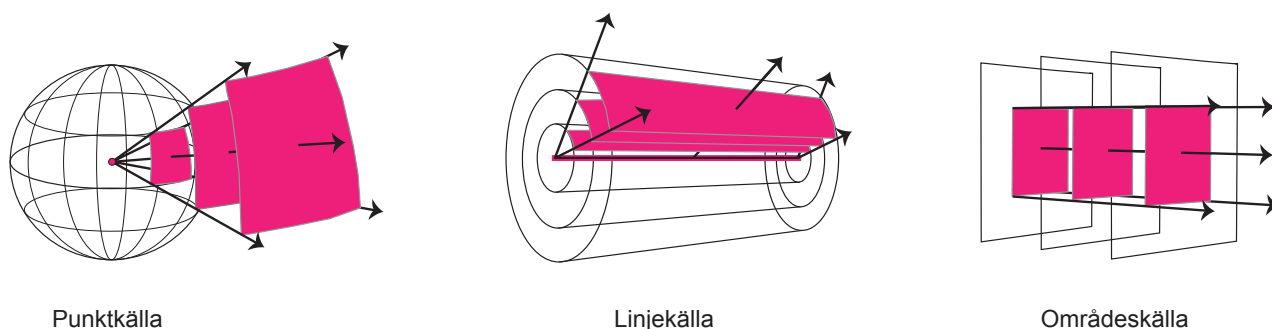
Gatunät med korta gator har sannolikt lägre halter föroreningar då de ventileras väl genom uppåtgående flöden i gator parallella

till vindriktningen, och längsgående flöden i vinkelräta gator, kombinerat med starka uppåtgående flöden i mitten av gatan där de två cirkulationsområdena möts (Kastner-Klein, 2004). Eftersom lutande tak hindrar ventilation på gatunivå lämpar de sig bäst för korta gator.

Det här avsnittet har behandlat luftkvaliteten i urbana miljöer. I de flesta fall är källan till luftföroreningar densamma som källan för buller och oljud där trafiken och industriområden är de två främsta. Nästa avsnitt behandlar stadsmiljöns påverkan på ljudets fortplantning, och ger riktlinjer för hur vi kan minimera ljudnivåer från oönskade ljud.

4.5 - LJUD

Ljud är hörbara vibrationer som överförs via luft, eller andra medium, som vågor. Ljudvågorna produceras av ljudkällor som punkt-, linje-, eller områdeskällor, se figur 18, vilka orsakar skillnader i lufftryck, och mäts i decibel (dB), det är storleken på tryckskillnaden som avgör ljudets volym (Boverket, 2014).



Figur 18. Ljudkällor (Fritt efter Pijpers-van Esch, 2015).

En ljudkälla anses vara en punktkälla när den är liten i storlek, jämfört med den spridning den får. Ljudvågor från punktkällor sprids i tre riktningar, likt en sfär. När avståndet mellan källan och mottagaren dubblas, blir ytarean av vågfronten fyra gånger så stor som sitt ursprung, men det är fortfarande samma mängd ljud som flyter igenom. Detta innebär alltså att ljudnivån minskar med 6 dB varje gång avståndet dubblas (Embleton, 1996). Enstaka källor, såsom tal eller en bil på gatan betraktas som punktkällor.

En linjekälla producerar en cylinderformad vågfront och sprider sig i två dimensioner vilket gör den proportionerlig mot avståndet. Därför minskar ljudnivån bara med 3 dB per avståndsfördubbling. En trafikerad gata betraktas som linjekälla, där den ekvivalenta ljudnivån minskar med 3 dB när avståndet från vägen dubblas.

En områdeskälla producerar en plan våg; en våg vars vågfronter är oändliga parallella plan vinkelräta mot utbredningsriktningen. Plana vågor är enkelriktade och förlorar därför ingenting i styrkan när avståndet växer, utan en sänkning av ljudnivån genom geometrisk spridning är frekvensberoende (Shaw & Olson, 1972). Bakgrundsbrus, exempelvis trafikbuller eller ljud från industrier betraktas ofta som områdeskällor, med en jämn ljudtrycksnivå under en längre period.

4.5.1 - ATMOSFÄRISKA INFLUENSER

När en ljudvåg rör sig genom luften absorberas en del av dess energi, så kallad atmosfärisk absorption. Mängden absorption ökar i takt med att frekvensen och luftens temperatur ökar, och minskar med fukt (Embleton, 1996). Tabellen nedan visar hur mycket ljudnivån sänks, i dB, beroende på ljudets frekvens, relativa fuktighet och lufttemperatur. Mätningarna är gjorda på 500 meters avstånd från en punktkälla.

Tabell 1. Atmosfärisk absorption (Saurenman et al., 2005)

Frekvens, Hz	Relativ fuktighet, %	Temperatur, °C	Ljudnivåsänkning, dB
1000	75	10	2
1000	20	30	3
4000	75	10	16
4000	20	30	24

Ljudet påverkas också av diffraktion, vilket innebär att ljudvågorna böjer sig runt kanter, öppningar eller andra mindre objekt som kommer i dess väg. Vertikal temperatur och vindhastighet kan också få ljudvågor att böja sig, utan påverkan av hinder eller öppningar. Den typen av påverkan är dock störst de första metrarna ovanför marken. När temperaturen faller, eller om motvind råder, böjer sig ljudvågorna uppåt, vilket skapar en skuggzon nära marken, dit en väldigt liten del av ljudvågorna når. Om temperaturen istället stiger, eller om vinden blåser i samma riktning som ljudvågorna rör sig, böjer sig vågorna istället neråt, vilket ger högre volym nära marken (Embleton, 1996).

4.5.2 - ABSORPTION OCH REFLEKTION

När en ljudvåg träffar en yta kommer en del av den att reflekteras, och en annan del att absorberas. De akustiska egenskaperna hos ett material eller föremål uttrycks vanligtvis med hjälp av *absorptionskoefficienten*, α , som anger relationen mellan den icke-reflekterande ljudenergin och den infallande ljudenergin (absorberat ljud + transmitterat ljud) / (infallande ljud).

Ett värde på 1 (ett) innebär att all infallande ljudenergi absorberas, och 0 (noll) innebär att all energi reflekteras.

Reflektion skapar lätt störningar när två, eller flera, ljudvågor studsar mot varandra, vilket skapar en ny ljudvåg. Om vågorna är i fas stärker de varandra, vilket resulterar i en ny våg med högre intensitet, och därmed också högre volym. Detta kallas konstruktiv interferens. När två vågor som inte är i fas möts skapas en ny våg med lägre intensitet, vilket benämns som destruktiv interferens (Embleton, 1996).

Reflektion av ljudvågor skapar efterklang, eller *eko*, vilket i teorin innebär att ljudet består en viss tid efter det att ljudkällan har försvunnit, eller slutat sända ut ljudvågor. Avstånd till ljudkällan är den styrande faktorn som påverkar ekots längd men byggnader och andra objekt kan ge avskärmning. De riskerar dock att höja ljudnivån, på grund av reflektion av ljudvågor.

De omgivande utomhusmiljöernas morfologiska egenskaper och de akustiska egenskaperna i dess periferi har stor betydelse för reflektionen och absorptionen, och därmed också för ljudnivå och eko (Embleton, 1996).

4.5.3 - LJUDUTBREDNING I DET URBANA RUMMET

Ljutfältet i det urbana rummet utgörs av de direkta ljudet från en eller flera ljudkällor inom gaturummet, deras reflektioner från omgivande, hårdgjorda ytor och bakgrundsljud från källor i periferin.

För en punktkälla i stadsdalen påverkas ljudnivån nära källan i allra högsta grad av det direkta ljutfältet; det reflekterade fältet blir viktigare i takt med att avståndet från källan ökar. Ljudet dämpas kraftigt de första metrarna från källan, både på höjden och längsgående, men dämpningen minskar med ökande avstånd, vilket kan förväntas av en punktkälla.

I takt med att den relativa höjden (H/B-värdet) i gaturummet ökar, minskar dämpningen eftersom att mindre ljudenergi kan reflekteras ut, och upp, ur stadsdalen. H/B relationen spelar mindre roll i den direkta närheten av en punktkälla, men blir av större vikt när avståndet till källan ökar. Även för linjära ljudkällor, så som en trafikerad väg, spelar H/B mindre roll för ljuddämpningen längs stadsdalen (Kang, 2002).

Gatubredden och ytrelektioner påverkar också ljuddämpningen och stadsdalens ljutfält. Genom att bredda en väg eller gata från 5 till 10m minskar dämpningen från ca 7 dB till 3.5 dB 10m ovan mark, längs fasaden; en ytterligare breddning av 5m minskar dämpningen till ca 2 dB. Diffust reflekterande ytor leder till lägre dämpning nära källan jämfört med spegelreflekterande ytor, på grund av bakåtspridning, men betydligt lägre ljudnivåer på längre avstånd från källan. De flesta stadsdalar är diffust reflekterande på grund av fasadernas relief. Störningar som orsakas av reflektion får större betydelse i smala gaturum (Kang, 2002).

4.5.4 - LJUDUTBREDNING I DEN URBANA VÄVNADEN

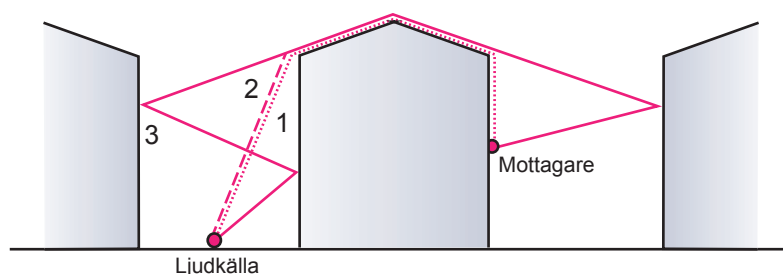
Öppningar och gatukorsningar i stadsdalen dämpar ljudet med ett par dB extra, och minskar ekot runt öppningen då en del av ljudet försvinner genom öppningen delvis genom reflektion, men också genom diffraktion. Större andel ljud reflekteras in i korsande gator och öppningar ju kortare avståndet till källan är.

Ljudnivån i ett slutet utrymme med samma H/B-relation som ett öppet gaturum är betydligt högre på grund av att de slutna rummet är omringat av fyra fasader som alla reflekterar ljudet i olika riktningar. Detta är också en av anledningarna till att absorptionen är jämnare och mer effektiv på torg och innergårdar (Hornikx & Forssén, 2008).

Ljudkällor utanför stadsdalen, i öppna utrymmen, visar på mycket mindre skillnader i ljudnivåer och eko mellan öppningar och gatukorsningar, och skillnaderna blir ännu mindre när ytorna är diffust reflekterande.

Ljudvågorna kan färdas från en stadsdal till en annan på två sätt: antingen genom 'läckage' via sammankopplande gator, eller genom diffraktion över takåsarna, vilket kan ske på flera sätt, se figur 19:

1. Från källan direkt till taket av den separerande byggnaden, därefter böjer den sig över taket och transporteras direkt ner till mottagaren;
2. Från källan via diffraktion och reflektion (antingen i källans stadsdal, eller i mottagarens);
3. Från källan via diffraktion och multipla reflektioner i både källans och mottagarens dal.



Figur 19. Diffraktion och reflektion över taken (Fritt efter Hornikx & Forssén, 2007).

Höga ljudnivåer orsakade av bakgrundsbrus är relativt konstanta i avskärade områden. Trafikbuller är den störst bidragande faktorn i det här avseendet då det inte bara bidrar från andra sidan av den avskärade byggnaden, utan också från gator och vägar längre bort. Vägar och gator inom ett avstånd av 1000m bidrar med buller i avskärade utrymmen (Ögren & Kropp, 2004, Thorsson et al., 2004). Detta innebär att trafikfördelningen i stadskärnan har stor påverkan på både slutna och öppna utrymmen.

Takform och taklutning, är av stor betydelse för ljudnivåer: pulpettak, förskjutna pulpettak, sadeltak, dubbla sadeltak och tak med överhäng resulterar i högre ljudnivåer i den skyddade, eller avskärade stadsdalen, jämfört med ett platt tak. Kupoltak, mansardtak, sågtandstak och pulpettak med två vinklar (där den högsta fasaden vetter mot den avskärade sidan) presterar bättre än platta tak när det kommer till ljudnivåer: det kan skilja upp till 5 dB på den avskärade sidan (van Renterghem & Botteldooren, 2010).

4.6 - MATERIA OCH LANDSKAPETS BESTÅNDSDELAR

Materia och landskapets utformning har flera olika effekter på det urbana mikroklimatet. Markbeläggning och byggnadsmaterial påverkar främst energibalansen, men även ljud. Vegetation bidrar med skugga, vilket i sig reducerar solstrålarnas möjlighet att värma upp omgivande ytor, samtidigt som den filterar luften från partiklar, och bidrar till en jämnare spridning av ljud. I kombination med vatten sänker den också lufttemperaturen genom evapotranspiration, vilket förbättrar mikroklimatet under varma perioder. Den skyddar oss från vinden vilket förbättrar vindkomforten för fotgängare och cyklister, men det reducerar också infiltrationen av luft i byggnader, två aspekter som båda är väldigt viktiga under kallare perioder.

4.6.1 - YTEGENSKAPER HOS OLIKA MATERIAL

REFLEKTION, ABSORPTION OCH ÅTEREMISSION AV SOLSTRÅLNING

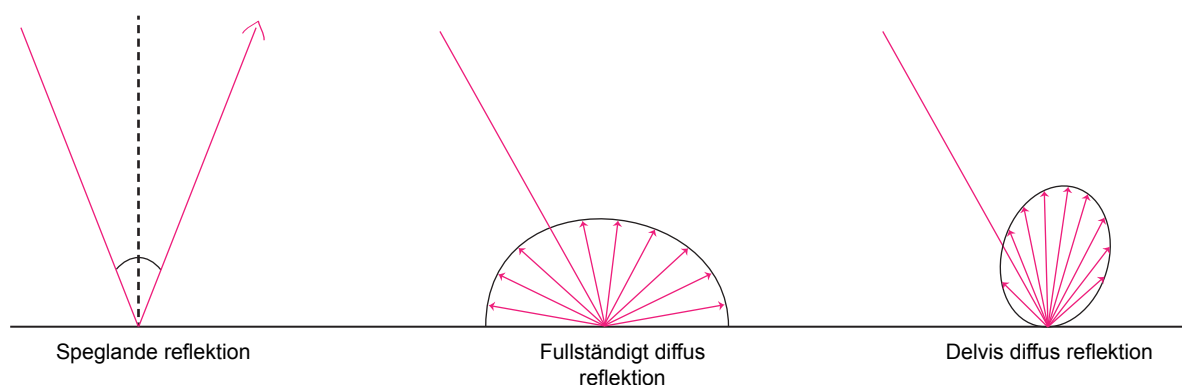
Den mängd värme som lagras i ett material utsatt för strålning (*direkt, indirekt* eller *diffus*) är starkt beroende av den termiska admittansen och albedo hos materialet. Termisk admittans mäter ledningsförmåga i kombination med värmekapacitet hos ett material vilket tekniskt sett gör den till en ytegenskap. Ett material med hög termisk admittans kan lagra mycket värme då den lätt utbyter värmeenergi med sin omgivning när de utsätts för temperaturskillnader. Värmen frigörs sedan när den omgivande luftens temperatur sjunker. Detta innebär att material med låg termisk admittans bara kan lagra väldigt lite värme.

Byggnadsmaterial och markbeläggningar i urbana miljöer har i regel högre termisk admittans än deras motsvarigheter på landsbygden vilket är en av anledningarna till att mer värme lagras i stadskärnor. Detta kan delvis neutraliseras genom att ändra albedo-värdet hos material och beläggningar: ju högre albedo, eller reflektionsförmåga, desto mindre mängd värme kommer att finnas tillgänglig för absorption vilket betyder att mindre värme lagras i materialet.

Albedo beror på texturen, ytbehandlingen, och framförallt färgen av en yta. Ljusa ytor har högre reflektionsförmåga än mörka ytor. En, i teorin, helt vit yta har ett albedo-värde på 1 vilket innebär att all strålning reflekteras, i motsats till en helt svart yta som har ett värde på 0, då all strålning absorberas. Polerade ytor, och spegelytor, har högre albedo-värden än grova ytor.

Ytans material och färg har också stor betydelse för dess temperatur. Cementbetong och högre reflekterande gråa ytor är de som mäter högst temperaturer både på dagen och under natten. De lägsta temperaturerna under dagtid har ytor täckta med ljusa högre reflekterande färger, och under natten de ytor täckta med vegetation (Takebayashi & Moriyama, 2007). Temperaturen under natten beror till stor del på materialets, eller ytans, förmåga att absorbera och lagra värme.

En ytas strålningsreflektion kan vara *speglande* eller *diffus*, beroende på ytans struktur: helt släta ytor reflekterar speglande - infallsvinkeln är densamma som reflektionsvinkeln. Grova ytor har i regel ojämn struktur, därför blir infallspunkten olika för varje stråle, vilket resulterar i diffus reflektion. I situationer där reflektionen blir helt och hållet diffus kommer strålningen spridas jämnt, i en halvsfär, till omgivande ytor (se figur 20 på nästa sida). De flesta ytor reflekterar strålning någonstans på intervallet mellan helt speglande och fullständigt diffust (Takebayashi & Moriyama, 2007).



Figur 20. Olika typer av reflektion beroende på det reflekterande materialets textur, ytbehandling och färg (Fritt efter Pijpers-van Esch, 2015).

Ytegenskaper hos de olika materialen påverkar inte bara lufttemperaturer i utomhusmiljöer, de influerar också byggnadernas behov av kyla; direkt genom yttemperaturen i byggnadens yttre klimatskal, och indirekt då de även påverkar den omgivande luftens temperatur (Takebayashi & Moriyama, 2007).

REFLEKTION OCH ABSORPTION AV LJUDVÅGOR

Materialisering påverkar också reflektionen och absorberingen av ljudvågor på liknande sätt som solstrålning. Den absolut viktigaste egenskapen hos ett material är porositet; ju porösare material, desto bättre blir ljuddämpningen. Men, det är inte all absorberad ljudenergi som dämpas, en liten del kommer att ta sig genom materialet, in i nästa öppna utrymme.

Ljudreflektioner kan vara diffusa eller speglande, precis som reflektioner från solstrålning. Egenskaperna hos de reflekterande ytorna påverkar starkt ljuddämpningen, framförallt då det rör sig om multipla reflektionsstrålar. Diffusa reflektioner leder till längre utbredning från källan jämfört med speglande reflektioner, vilket resulterar i större ljudenergiförlust och därmed också bättre ljuddämpning i takt med att avståndet ökar (Kang, 2002).

4.7 - SLUTSATS

Litteraturstudien har diskuterat stadsmiljöns inverkan på de olika delarna av det urbana mikroklimatet: solstrålning, dagsljus, vind, luftkvalitet och ljud. Kapitlet har visat tydliga tecken på att arkitekter och stadsplanerare har stora möjligheter att påverka det urbana mikroklimatet, dels genom stadens morfologi, dels genom materialval i stadens, och landskapets betandsdelar. Det är därför viktigt för den urbana designern att fatta kloka beslut gällande design, grundade på dessa möjligheter. En av anledningarna till detta är att mikroklimatet har stor oerhörd påverkan på människans fysiska välbefinnande vilket behandlas i nästkommande kapitel.

> REFERENSER KAPITEL 4

- Assimakopoulos, V.D., Apsimon, H.M. & Moussiopoulos, N., 2003.** *A numerical study of atmospheric pollutant dispersion in different two-dimensional street canyon configurations.* Atmospheric Environment, 37(29), s. 4037-4049
- Baik, J.J. & Kim, J.J., 1999.** *A numerical study of flow and pollutant dispersion characteristics in urban street canyons.* Journal of Applied Meteorology, 38(11), s. 1576-1589
- Baik, J.J. & Kim, J.J., 2002.** *On the escape of pollutants from urban street canyons.* Atmospheric Environment, 36(3), 527-536
- Bottema, M., 1993.** *Wind climate and urban geometry.* [online] Doktorsavhandling vid Technische Universiteit Eindhoven. Eindhoven. [Tillgänglig: <https://pure.tue.nl/ws/files/13219080/388789.pdf> 2016-03-10] ISBN 90-386-0132-8
- Boverket, 2014.** *Hälsa och klimat i samhällsplaneringen: Ljud och Buller - Fördjupning.* [online] <http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/halsa-och-klimat-i-samhallsplaneringen/buller-beror-manga/ljud-och-buller/?tab=fordjupning> [Tillgänglig 2016-03-15]
- Chan, A., So, E. & Samad, S., 2001.** *Strategic guidelines for street canyon geometry to achieve sustainable street air quality.* Atmospheric Environment [online], nr. 35, s. 5681-5691. [Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231001004836> 2016-03-09]
- Chan, T.L., Dong, G., Leung, C.W., Cheung, C.S. & Hung, W.T., 2002.** *Validation of a two-dimensional pollutant dispersion model in an isolated street canyon.* Atmospheric Environment, 36(5), s. 861-872
- Cheng, W.C., Liu, C.H. & Leung, D.Y.C., 2009.** *On the correlation of air and pollutant exchange for street canyons in combined wind-buoyancy-driven flow.* Atmospheric Environment, 43(24), s. 3682-3690
- Embleton, T.F.W., 1996.** *Tutorial on sound propagation outdoors.* Journal of the Acoustical Society of America, 100(1), s. 31-48
- Erell, E., Pearlmutter, D., Williamson, T. 2011.** *Urban Microclimate - Designing the Spaces Between Buildings.* Storbritannien. Routledge
- Hang, J., Sandberg, M., Li, Y. & Claesson, L., 2009.** *Pollutant dispersion in idealized city models with different urban morphologies.* Atmospheric Environment, 43(38), s. 6011-6025
- Hang, J., Li, Y., Sandberg, M. & Claesson, L., 2010.** *Wind conditions and ventilation in high-rise long street models.* Building and Environment, 45(6), s. 1353-1365
- Hornikx, M. & Forssén, J., 2008.** *A scale model study of parallel urban canyons.* Acta Acustica united with Acustica, 94(2), s. 265-281
- Hoydysh, W.G. & Dabberdt, W.F., 1988.** *Kinematics and dispersion characteristics of flows in asymmetric street canyons.* Atmospheric Environment, 22(12), 2677-2689
- Kang, J., 2002.** *Numerical modelling of the sound fields in urban streets with diffusely reflecting boundaries.* Journal of Sound and Vibration, 258(5), s. 793-813
- Kastner-Klein, P., Berkowicz, R. & Britter, R., 2004.** *The influence of street architecture on flow and dispersion in street canyons.* Meteorology and Atmospheric Physics, 87(1-3), s. 121-131
- Lindholm, G., Kristensson, E., Nilsson, K. 1988.** *Växter som vindskydd - en studie av läplanterings uppbyggnad och täthet.* Stad & Land, Nr 62
- Löfberg, H. A. 1987.** *Räkna med dagsljus.* [online] Statens Institut för byggnadsforskning. Gävle. Trycksam [Tillgänglig <http://www.boverket.se/contentassets/f8fe004c78104822a732044063c40d85/rakna-med-dagsljus.pdf> 2016-04-13]
- Ng, E., 2005.** *A study of the relationship between daylight performance and height difference of buildings in high density cities using computational simulation.* s. 847-852. Studien presenterades på IBPSA 2005 - International Building Performance Simulation Association
- Nunez, M. & Oke, T.R., 1977.** *Energy balance of an urban canyon.* Journal of Applied Meteorology, 16(1), s. 11-19
- Oke, T.R., 1987.** *Boundary layer climates.* London, Methuen. Andra upplagan
- Oke, T.R., 1988a.** *The urban energy balance.* Progress in Physical Geography, 12(4), s. 471-508
- Oke, T.R., 1988b.** *Street Design and Urban Canopy Layer Climate.* Energy and Buildings. 11, s.103-113
- Pijpers-van Esch, M., 2015.** *Designing the Urban Microclimate - A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process;* Doktorsavhandling vid Delft University of Technology, Faculty of Architecture and Built Environment, Department of Urbanism, Department of Architectural Engineering + Technology
- Ratti, C., Raydan, D. & Steemers, K., 2003.** *Building form and environmental performance: Archetypes, analysis and an arid climate.* Energy and Buildings, 35(1), s. 49-59

Saurenman, H., Chambers, J., Sutherland, L.C., Bronsdon, R.L. & Forschner, H., 2005. *Atmospheric effects associated with highway noise propagation*. Final Report 555, på uppdrag av Arizona Department of Transportation. [Tillgängling https://apps.azdot.gov/ADOTLibrary/publications/project_reports/PDF/AZ555.pdf 2016-03-15]

Shaw, E. A. G. & Olson, N., 1972. *Theory of steady-state urban noise for an ideal homogeneous city*. Journal of the Acoustical Society of America, 51(6 Part 1), s. 1781-1793

Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.), 2015. *Träd i urbana landskap*. Lund, Studentlitteratur AB. Kapitel 3, s. 231-322

Takebayashi, H. & Moriyama, M., 2007. *Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island*. Building and Environment, 42(8), s. 2971-2979

Thorsson, P.J., Ögren, M. & Kropp, W. 2004. *Noise levels on the shielded side in cities using a flat city model*. Applied Acoustics, 65(4) s. 313-323

van Esch, M.M.E., Hordijk, G.J. & Duijvestein, C.A.J., 2007. *The influence of building geometry on the physical urban climate: a revival of lighth, air and space*. Utdrag ur S.K. Wittkopf & B.K.Tan (Eds.), PLEA 2007 - Sun, wind and architecture - 24th International conference on passive and low energy architecture. Singapore, National University of Singapore, department of architecture, s. 396-403

van Esch, M.M.E., Looman, R.H.J. & Bruin-Hordijk, G.J. de 2012. *The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies*. Energy and Buildings, 47, s. 189-200

van Renterghem, T. & Botteldooren, D., 2010. *The importance of roof shape for road traffic noise shielding in the urban environment*. Journal of Sound and Vibration, 329(9), s. 1422-1434

Wa-Gichia, M., 1998. *The high-rise opposing facade in clear sky conditions - not always an obstruction to daylight*. Solar Energy, 64(4-6), s. 179-188

Xiaomin, X., Zhen, H. & Jiasong, W., 2006. *The impact of urban street layout on local atmospheric environment*. Building and Environment, 41(10), s. 1352-1363

Ögren, M & Kropp, W. 2004. *Road traffic noise propagation between two dimensional city canyons using an equivalent sources approach*. Acta Acustica united with Acustica 90(2) s. 293-300

5. MIKROKLIMATKOMPONENTERNAS PÅVERKAN PÅ MÄNNISKANS FYSISKA VÄLBEFINNANDE

Följande kapitel behandlar de olika mikroklimatkomponenternas inflytande på människors fysiska välmående. Vissa komponenter har både positiva och negativa effekter, medan andra bara påverkar negativt. Varje komponent; *solstrålning (UV-strålning, värme, dagsljus)*, *vind*, *luftkvalitet* samt *ljud*, kommer att diskuteras i separata avsnitt, vilka följs av ett avsnitt om termisk komfort (värme) där solstrålning, lufttemperatur, vind och relativ fuktighet har en kombinerad effekt på fysiskt välmående.

Vidare diskuterar kapitlet de föreskrifter och allmänna råd som satts upp för att antingen främja de positiva effekterna av de olika mikroklimatkomponenterna, eller för att minimera de negativa effekterna, som i sig syftar till att optimera förutsättningarna.

5.1 - SOLSTRÅLNING

Solen avger strålning på olika våglängder. Strålningen når jorden som *dagsljus*, *ultraviolett strålning (UV)*, och som *infraröd strålning* (värme). De två senare är osynliga för det mänskliga ögat. Ca 50% av solstrålningen på jorden är inom den synliga delen av spektrumet, ca 10% är inom UV-spektrumet, och resterande 40% är i det infraröda spektrumet.

De olika typerna av strålning har olika effekt på vårt fysiska välmående. Följande avsnitt behandlar hälsoeffekterna av de synliga delarna av solstrålningsspektrumet: UV-strålning och värme. Effekterna av dagsljus diskuteras separat i avsnitt 5.2.

5.1.1 - UV-STRÅLNING

UV-strålning har både nyttiga och skadliga effekter på fysiskt välmående, vilket diskuteras i flertalet artiklar och rapporter (Juzeine et al., 2011; WHO, 2006a; De Gruijl, 1997). Överexponering för UV-strålning orsakar negativa hälsoeffekter, som inkluderar solbränna, påskyndande av hudens åldrande samt olika former av hudcancer. UV-strålning kan också ha vissa negativa effekter på ögonen: kortikal katarakt, pterygium och skivepitelcancer på hornhinnan eller bindhinnan. Men, det kan också ha positiva effekter då små mängder UV-strålning är nödvändiga för kroppens egen D-vitaminproduktion. Brist på D-vitamin kan leda till engelska sjukan hos barn, osteomalaci hos vuxna och osteoporosis hos äldre. Det är bevisat att exponering för UV-strålning och den relaterade produktionen av D-vitamin, särskilt vitamin D3, reducerar risken för vissa typer av cancer (Grant, 2007). UV-strålning och D-vitamin reducerar också risken för infektionssjukdomar och verkar påverka MS och andra autoimmuna sjukdomar positivt (Juzeine et al., 2011; Grant, 2007).

Den dos UV-strålning som behövs för att uppnå de negativa effekterna på hud och ögon är mycket högre än den dos som är nödvändig för D-vitaminproduktion, vilken också kan upprätthållas genom att äta en balanserad kost. Det uppskattas att 80-100% av kroppens D-vitamin kan härledas till solljus mot huden, vilket tyder på att det finns en optimal UV-dos för fysiskt välbefinnande.

Den omgivande UV-strålningen bestäms av de stratosfäriska ozonhalterna (utarmning av ozon leder till en ökning av vissa typer av UV-strålning som når jordytan), molntäcke (klarare himmel ger i genomsnitt högre halter av UV-strålning), latitud (ju högre latitud, desto lägre UV-halt), säsong/solstånd (ju högre solen står, desto högre UV-halt) samt mängden luftföroreningar (De Gruijl, 1997).

Individuella faktorer som väsentligt påverkar effekterna av UV-strålning är människans beteende och kultur, såsom solsökande eller solskyddande beteende, samt klädsel. Andra personliga faktorer är genetik och immunkompetens (WHO, 2006a). Sådana faktorer kan delvis förklara varför variationer i relationen mellan UV-exponering och dödlighet förekommer på nationell nivå snarare än regional nivå (Langford et al., 1998).

5.1.1.1 - FÖRESKRIFTER OCH ALLMÄNNA RÅD - UV-STRÅLNING

Det saknas föreskrifter gällande UV-strålning.

Världshälsoorganisationen (WHO, 2009) rekommenderar åtgärder som fokuserar på människors beteende för att undvika överexponering av UV-strålning, såsom att söka skugga, använda solskyddsfaktor och att bära solglasögon. Gällande underexponering för UV-strålning konstaterar WHO (2006a) att daglig exponering av 6-10% av kroppens yta (en arm, ett nedre ben, eller ansikte och händer) för 1 MED (minimal erytemdos) bör vara tillräckligt för att undvika D-vitaminbrist. 1 MED motsvarar 200 j/m² av biologisk effektiv UV-strålning, vilket motsvarar dosen UV-strålning som krävs för att producera en knappt märkbar hudrodnad hos personer med den ljusaste hudtypen.

För att underlätta och förespråka sunt beteende gällande exponering för UV-strålning bör offentliga ytor förse staden, och dess invånare, med tillräcklig skugga under sommarhalvåret. Riktlinjer för stadsplanering bör utformas som en minimiandel skuggat område på varje offentlig plats, med ett minsta värde på några få kvadratmeter - tillräckligt för folk att stå eller sitta på (Pijpers-van Esch, 2015).

För att förebygga underexponering till UV-strålning bör liknande riktlinjer tas fram för direkt bestrålning på offentliga platser vintertid. Eftersom att underexponering till UV-strålning är mindre sannolikt och till stor del kan kompenseras för via intag av D-vitamin (i livsmedel), kan en sådan riktlinje vara mindre strikt (Pijpers-van Esch, 2015).

Bestrålning och skuggning påverkar inte bara exponeringen för UV-strålning, de influerar också en persons värmebalans, vilket beskrivs i nästkommande avsnitt 5.1.2 - Värme. Riktlinjer och allmänna råd gällande direkt bestrålning och skuggning bör därför behandla effekterna av både UV-strålning och värme.

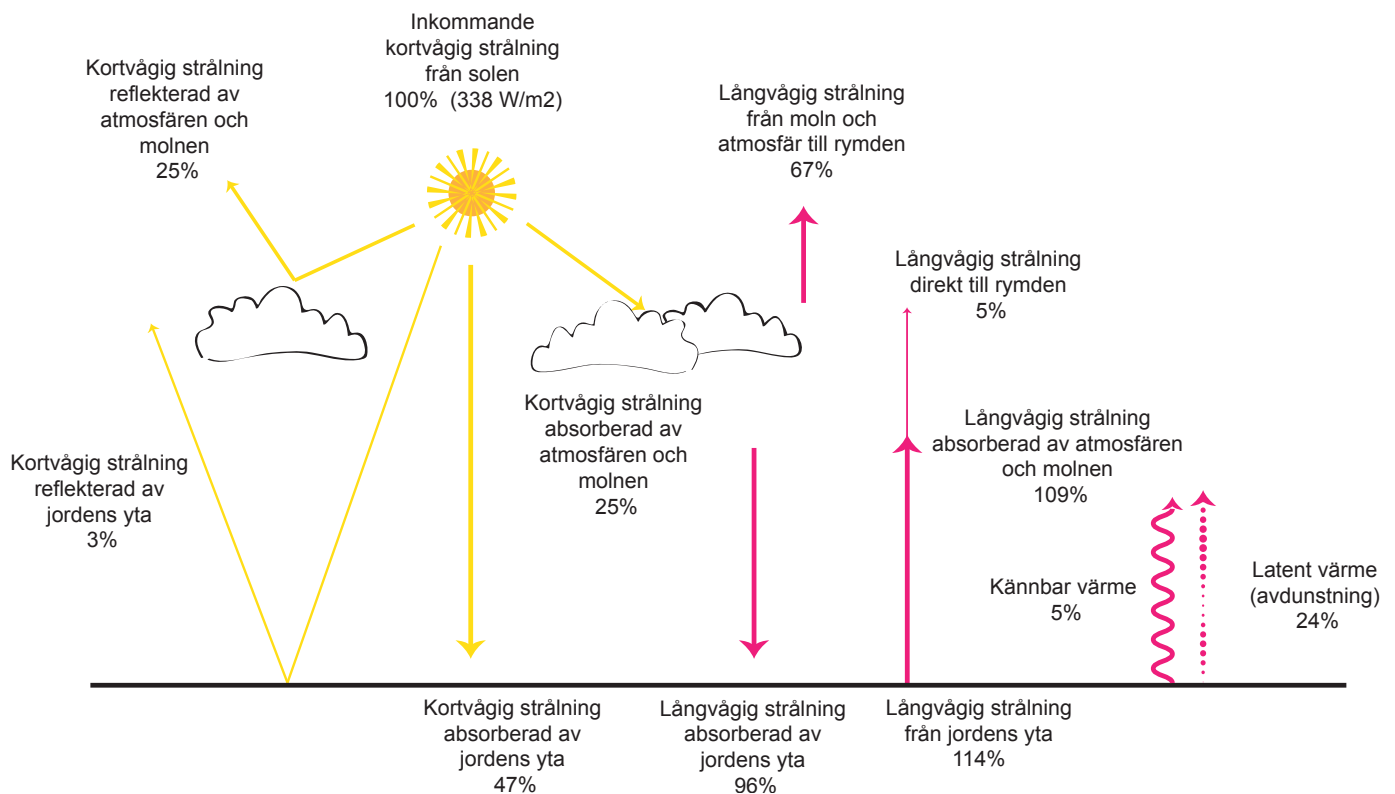
5.1.2 - VÄRME

Vår termiska miljö skapas av samspelet mellan strålningen som kommer från solen, samt reflektionen, absorptionen och återemissionen av denna strålning från jorden och dess atmosfär. Hur människan upplever klimatet har stark koppling till kroppens egen värmebalans. Den termiska komforten utomhus beror på

För referens:

Den totala solstrålningen (direkt + diffus), fördelad på en timma, på en horisontell yta den 21 december vid lunchtid är ungefär 375 000 j/m² i Sverige.

luftfuktighet, lufttemperatur, vind och strålning som kroppen utsätts för, där strålningen består av både kortvågig och långvågig solstrålning (Erell et al., 2011). Den inkommande solstrålningen är kortvågig medan strålningen från jorden och atmosfären är långvågig, se figur 21. Kortvågig strålning innehåller mer energi.



Figur 21. Jordens energibalans (Fritt efter Pijpers-van Esch, 2015).

Nettostrålningsutbytet, Q^* , mellan den mänskliga kroppen och dess omgivning kan förklaras som:

$$Q^* = (K_{\text{dir}} + K_{\text{dif}} + K_{\text{ref}})(1 - R_s) + L_{\text{sky}} + L_{\text{ter}} - L_s$$

där:

K_{dir} = direkt kortvågig strålning mot kroppen (direkt solstrålning)

K_{dif} = diffus kortvågig strålning mot kroppen (spridd av atmosfären)

K_{ref} = indirekt kortvågig strålning mot kroppen som reflekteras av ytor

L_{sky} = långvågig strålning mot kroppen, från himlen

L_{ter} = långvågig strålning mot kroppen, från markbundna ytor

L_s = långvågig strålning som avges av kroppen till omgivningen

R_s = albedo (vithet) hos hud eller kläder

Källa: Pijpers-van Esch, 2015

Det upplevda resultatet av strålningsutbytet kan beskrivas som medelstrålningstemperaturen (MST) och definieras som en enhetlig temperatur av en imaginär inneslutning där strålningsenergiutbytet med kroppen är lika med strålningsenergiutbytet i den faktiska icke-enhetliga miljön; en områdesbestämd medeltemperatur av alla ytor som omger en plats, inklusive himlen (Pijpers-van Esch, 2015).

Tillsammans med lufttemperaturen, som också bestäms av solstrålningen, har MST starkt inflytande på den mänskliga kroppens värmeregleringssystem. Systemet bygger på mekanismer som behandlar obalansen mellan värmevinster och förluster. När värmevinsterna är större än värmeförlusterna kommer kroppen inledningsvis att svara genom kärlutvidgning; ökat blodflöde till huden, vilket ökar hudtemperaturen och därmed värmeavledningen. Om detta inte är tillräckligt, startar svettproduktionen vilket kyler av kroppen genom avdunstning. Dessa processer kan innebära visst obehag, men är inte farliga för kroppen. Om uppvärmningen av kroppen däremot fortsätter kan vi drabbas av hypertermi, vilket är skadligt för kroppen.

När det är för kallt, minskar blodflödet genom kärlsammandragning vilket leder till att hudtemperaturen och värmeavledningen reduceras. Om den mekanismen inte är tillräcklig börjar kroppen darra; en okontrollerbar muskelaktivitet som ökar värmeproduktionen drastiskt. I slutändan uppstår hypertermi med risk att skada kroppen allvarligt.

Strålning och lufttemperatur är två av de fyra klimatelementen som influerar den mänskliga värmebalansen, de andra två är vind och relativ fuktighet. Deras individuella influenser på människans värmereglerande system är svåra att urskilja, eftersom kroppen inte har selektiva sensorer för uppfattningen av individuella klimatparametrar utan istället känner av deras kombinerade värmeeffekt som upplevd temperatur (Höppe, 1999).

Största delen av forskningen gällande effekter av den termiska miljön på människors hälsa har varit epidemiologiska och har till största del fokuserat på relationen mellan den omgivande luftens temperatur och dödlighet och/eller sjuklighet. Sjuklighet och dödlighet till följd av för lite, eller för mycket, solstrålning är vanligtvis inkluderat i dessa studier; omgivande lufttemperatur kan betraktas som en markör för hälsoeffekterna av värmemiljön som helhet. Följande avsnitt behandlar resultaten av epidemiologisk forskning, vilken är väldokumenterad i flertalet recensioner, förordningar och standardpolicies för solstrålning. Avsnitt 5.3 diskuterar värmeeffekterna av vind och avsnitt 5.6 diskuterar värmekomfort vilket inkluderar såväl fysiologiska som psykologiska aspekter (Pijpers-van Esch, 2015).

5.1.2.1 - EFFEKTER PÅ FYSISKT VÄLMAÄNDE - VÄRME

Studier påvisar en märkbar effekt av omgivande lufttemperatur på dödlighet. Många studier har identifierat ett V-liknande samband mellan temperatur och dödlighet med ett optimalt temperaturvärde för lägsta dödlighetsgrad. Ovan och under denna temperatur ökar dödligheten. Värdet av den optimala temperaturen varierar beroende på lokalisering; högre altituder visar på ett lägre värde än lägre altituder (Curriero et al., 2002; Keatinge et al., 2000) vilket kan vara på grund av acklimatisering och/eller bättre skydd från köld- och värmerelaterad stress. Äldre människor, människor med redan existerande sjukdomar och de med låg kondition är mer sårbara för värmerelaterade sjukdomar och dödlighet (Analitis et al., 2008; Basu & Samet, 2002; Curriero et al., 2002; WHO, 2004).

Forskning visar också att lägre omgivande temperaturer kan associeras med ökad dödlighet på grund av cerebrovaskulära sjukdomar och hjärt- och luftvägssjukdomar samt att effekterna av kyla är större i varma klimat än i kalla på grund av att relationen mellan kyla och ursprungstemperaturen blir större i varma klimat (Analitis et al., 2008). Lägre temperaturer kan leda till en tillfällig ökning av blodtryck till följd av kärlsammandragningar och en höjning av blodets viskositet vilket i sin tur kan relateras till större förekomst av vissa typer av cerebrovaskulära sjukdomar under vinterhalvåret (Gill et al., 1988).

Låga temperaturer orsakar också nedkylning av huden, vilket har rapporterats orsaka smärta och antas vara en varning för uppkomsten av förfrysningsskador (Gavhed et al., 2000).

Med tanke på klimatprognoserna för Sverige och Skandinavien kan vi räkna med en ökning av värmerelaterad stress, därmed relaterade sjukdomar och kanske till och med dödlighet. Värmestress kan orsaka en rad olika sjukdomar med mindre allvarliga symptom såsom värmeutslag, kramper och svimningar, den senare orsakas av ett fel i cirkulationen för att upprätthålla blodtryck och förse hjärnan med syre (Erell et al., 2011).

5.1.2.2 - FÖRESKRIFTER OCH ALLMÄNNA RÅD - VÄRME

Dessvärre saknas det regler och normer för värme (och kyla), i utomhustemperatur eller den utvändiga termiska miljön i allmänhet, vilket troligen beror på att vi betraktar den extremt varierande utomhusmiljön som en självklarhet, som i själva verket styrs av de regionala klimatförhållandena. Den byggda miljön har däremot möjlighet att påverka det termiska klimatet på mikronivå genom att släppa igenom, eller blockera, solens strålar.

De föreskrifter och standarder som finns gällande solexponering i tempererade klimat är begränsade till att ange ett visst minimum av soltillgång i inomhusmiljöer.

5.2 - DAGSLJUS

Det mänskliga ögat är känsligt mot strålning från våglängder på ungefär 380 till 750 nm. Dessa våglängder motsvarar strålningstoppen av solens spektrum på jorden; dagsljusspektrumet. Ögat har, genom tidens lopp anpassat sig till dagsljusspektrumet, vilket ger oss de högsta nivåerna av ljus nödvändiga för våra biologiska funktioner.

Den biologiska funktion som tydligast påverkas av dagsljus är den cirkadiska rytmen - *dygnsrytmen*. Fyra huvudsakliga biologiska rytmer kan urskiljas: utsöndring av melatonin och kortisol, vakenhet och kroppstemperatur (Veitch et al., 2004).

Melatonin reglerar rytmerna som styr när vi är vakna eller sovande, vår nivå av vakenhet/uppmärksamhet, samt kroppstemperaturen. Dagsljus dämpar melatoninproduktionen under dagen och kontrollerar på så sätt dygnsrytmen. Utan dagsljusstimulus vid rätt tillfälle kommer vår rytm att styra sig själv, pågå något längre än 24 timmar, och kommer så småningom att bli osynkroniserad med dag/natt-cykeln. Avbrott i dygnsrytmen kan få allvarliga negativa effekter som dålig sömnkvalitet, bristande uppmärksamhet, nedstämdhet, säsongsbetingad depression, defekter på immunsystemet och möjligtvis tumörtillväxt (Veitch, 2004). Säsongsmässiga förändringar i melatonin kan relateras till säsongsbetonade förändringar i dagsljusnivåer vilket på senare tid kopplats till årstidsbunden depression - även kallad vinterdepression.

Kortisol reglerar produktionen av glukos från protein och vilket underlättar ämnesomsättningen och tillför kroppen energi. Utsöndringen når sin topp när vi vaknar på morgonen, och är som lägst när vi vanligtvis går och lägger oss.

Ljusintensiteten är av yttersta vikt för effekten av ljusexponering; ljusare ljus ger större effekt. Personer som inte får tillräckligt med ljus inomhus kan därför 'självmedicinera' genom att spendera mer tid utomhus.

Ljusets våglängd spelar också stor roll. Den spektrala kvaliteten på dagsljus är väldigt svår att återskapa artificiellt vilket är en av anledningarna till att elektriska ljuskällor har en annan spektral fördelning än dagsljus. Elektriskt ljus saknar vanligtvis den blåa delen av dagsljusspektrumet och det är framförallt denna proportion som anses vara den viktigaste för den biologiska funktionen i den mänskliga kroppen (Brainard, 1994).

5.2.1 - FÖRESKRIFTER OCH ALLMÄNNA RÅD - DAGSLJUS

Eftersom att höga dagsljusnivåer är lättillgängliga utomhus saknas det föreskrifter gällande dagsljus i utomhusmiljöer, och de flesta länder har valt att fokusera sina riktlinjer på inomhusbelysning (Pijpers-van Esch, 2015). Syftet med de flesta riktlinjer är att garantera tillräcklig belysning för att kunna genomföra visuella uppgifter. Dessa ljusnivåer kan delvis uppnås genom artificiell belysning och är lägre än den mängd dagsljus nödvändig för att reglera människans dygnsrytm.

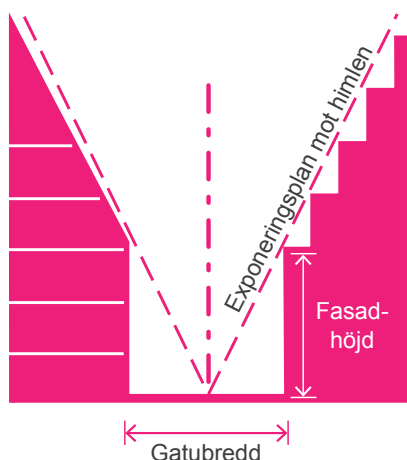
I Sverige regleras tillgången till inomhusdagsljus i Boverkets Byggregler, BBR (Boverket, 2015), Avsnitt 6 Hygien, hälsa och miljö:

"Rum eller avskiljbara delar av rum där människor vistas mer än tillfälligt ska utformas och orienteras så att god tillgång till direkt dagsljus är möjlig, om detta inte är orimligt med hänsyn till rummets avsedda användning"

- Boverket, 2015:159

BBR 6 (Boverket, 2015) ställer ett dagsljuskrav på en (1) procent i rum där människor vistas mer än tillfälligt, vilket innebär, om förutsättningarna är enligt standard, det vill säga rumsstorlek, fönsterglas, fönstermått och -placering, bör rummets fönsterglasarea vara tio procent av golvetns area för att uppfylla kravet om en procent (Boverket, 2016).

Något som är mer relevant för stadsplanerare är rekommendationer för byggnadshöjder, mellanrum och skymmande vinklar. En av de första rekommendationer av detta slag var The New York City 1916 Zoning Resolution som uttrycker en maximal höjd på gaturummets 'väggar' (street wall height) och exponeringsplan till himmeln (sky exposure plane) i relation till gatubredd, allt för att uppnå maximalt ljusinsläpp till gaturummet (se figur 22).



Figur 22. New York city Zoning Resolution.
(Fritt efter City of New York, 1916)

Även om dessa riktlinjer bara berör en liten del av gaturummet - en tredimensionell situation innebär också icke-kontinuerliga hinder och skillnader i byggnadshöjder, som tillåter ljus runt byggnader - så förser de oss med praktiska och hanterbara riktlinjer för stadsplanering (Pijpers-van Esch, 2015), men åtgärderna som byggbranschen tar till för att hålla nere byggnadernas energianvändning och uppfylla EU:s krav påverkar dagsljusinsläppet till inomhusmiljöerna: solskyddsglas, treglasfönster, mindre andel glas i fasaderna, lågemissionsbeläggningar, tjockare ytterväggar och större rumsdjup innebär att betydligt mindre solljus når in i byggnaden (Boverket, 2016).

5.3 - VIND

5.3.1 - TERMISKA EFFEKTER

Wind chill är ett fenomen som innebär att den konvektiva värmeöverföringen av ett objekt ökar i takt med att vindhastigheten ökar. Vinden får ytan att kylas ner till den omgivande temperaturen snabbare, vilket ökar känslan av kyla, kanske till och med smärta, vid minusgrader och höga vindhastigheter (Gavhed et al., 2000). Ökad konvektiv värmeöverföring påverkar också kroppens termiska balans. På sommaren kan den kylande effekten vara önskvärd, men på vintern kan kylan orsaka obehag och till och med hälsoproblem som beskrivet i avsnitt 5.1.2 - Värme.

Effekten som vinden har på den upplevda temperaturen uttrycks genom Wind Chill-temperaturen (WCT), se tabell 2; det är den ekvivalenta lufttemperatur som är lika med den lufttemperatur nödvändig för att producera samma kyleffekt under lugna förhållanden (OFCM, 2003).

Tabell 2. Tabellen illustrerar den upplevda temperaturen beroende på vindens hastighet. När utomhustemperaturen är runt 0° C och vindhastigheten uppnår ca 10 m/s upplevs klimatet sju grader kallare än vad termometern visar (OFCM, 2003).

		Temperatur, °C							
		10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25
Vindhastighet (m/s)	5	8	1	-5	-11	-17	-24	-30	-36
	10	6	0	-7	-14	-20	-27	-34	-40
	15	5	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43
	20	5	-2	-9	-16	-23	-31	-38	-45
	25	4	-3	-10	-17	-25	-32	-39	-46
	30	4	-4	-11	-18	-26	-33	-40	-47

Människans värmebalans regleras genom rörelse, eller mer klädsel. När vi befinner oss utomhus och börjar frysa, och inte har möjlighet att gå in så klär vi antingen på oss mer eller rör på oss. Men det är inte alltid vi vill klä oss varmare; klädsel, liksom många aktiviteter, är årstidsbunden vilket gör att vi inte vill sätta på oss vinterkappan i april, bara för att det börjar blåsa. Kursis et al., (1982) studerade vindklimatet i Kroksbäck, ett bostadsområde i Malmö, och formulerade sedan ett par vindkriterier för utemiljö vilka uttrycks i andel tid en viss vindhastighet får överskridas på en viss plats vid önskvärd, respektive acceptabel vindmiljö, se tabell 3.

Tabell 3. Vindkriterier för utemiljöer (Kursis et al., 1982)

	5 m/s upplevd vindhastighet bör inte överskridas mer än X % av tiden		Under 20% av tiden bör inte upplevd vindhastighet överskrida X m/s
Kommunikationsytor t ex gång- och cykelvägar	45		7
Uppehållsytor där man rör sig eller vistas kort tid	20	eller	5
Uppehållsytor där man sitter stilla länge	1		2.5

5.3.2 - MEKANISKA EFFEKTER

Förutom att påverka vår termiska komfort har vinden också en del mekaniska effekter på kroppen som kan upplevas obehagliga eller till och med farliga. Dessa effekter uppstår som följd av den starka kraft och påfrestning vinden har på kroppen. Vindens kraft är proportionerlig med kvadraten av vindhastigheten. Kroppen balanserar upp detta genom att luta sig i vindens motsatta riktning. När detta skeva läge överskrider en vertikal vinkel av 8 grader, vilket motsvarar en vindhastighet på 15 m/s, uppstår balansproblem. Kraftiga vindbyar och vindpustar kan också påverka balansen markant, då de har en överraskande effekt (Pijpers-van Esch, 2015).

Utöver balansproblem kan vinden också innebära andra obehagliga, mindre farliga effekter. Dessa uppstår vid vindhastigheter under 15 m/s och kan innebära flaxande kläder, flygande papper, intrasslat hår och svårigheter i att använda paraply (Pijpers-van Esch, 2015).

Huruvida någon upplever obehag eller inte beror på ett antal individuella faktorer: fysisk kondition (hälsostatus, ålder, kön); psykologiska faktorer (lycklig eller olycklig); grad av aktivitet (sittande, gående, springande); termisk komfort och klimatvana (Pijpers-van Esch, 2015). Men, det finns några generella faktorer som berör alla:

Effekten av ostadig vindar, de som varierar i riktning och hastighet, kan jämföras med stadiga vindar med en dubbelt så hög vindhastighet som de ostadiga. Effekten av vindbyar och vindpustar är större än den av stadiga vindar av samma vindhastighet på grund av överraskningseffekten.

5.3.3 - FÖRESKRIFTER OCH ALLMÄNNA RÅD - VIND

För de termiska effekterna av vind saknas det riktlinjer, föreskrifter och rekommendationer, men för de mekaniska effekterna finns det ett flertal internationella rekommendationer, det finns däremot inga specifika för Sverige. Majoriteten av de internationella riktlinjerna baseras på forskning och kriterier som skiljer på olika aktiviteter, som att sitta, gå, eller spatsera, samt klassifikationer av vindmiljö kvalitet, oftast kombineras dem. Kriterierna är utarbetade ur ett tröskelvärde för vindhastighet; antingen ett medelvärde av vindhastigheten, eller hastigheten i en vindby på 1,75 meters höjd över mark - ovanför vilken obehag eller fara kan inträffa och en gräns för sannolikheten att överskrida denna tröskelhastighet inom en viss tidsperiod (Pijpers-van Esch, 2015).

5.4 - LUFTKVALITET

Luftföroreningar är en av vår tids farligaste hälsorisker. Det uppskattas att mer än två miljoner människor dör i förtid varje år, som en konsekvens av luftföroreningsrelaterade sjukdomar (WHO, 2006b). De viktigaste föroreningarna utgörs av partiklar, marknära ozon, kvävedioxid och svaveldioxid. Samtliga förorenade ämnen återfinns i de flesta urbana områden och har allvarliga hälsoeffekter (Pijpers-van Esch, 2015 samt Sjöman & Slagstedt, 2015).

Partiklar (PM från engelskans *particulate matter*, anger partikelns storlek i diameter) är en blandning av väldigt små fasta och flytande partiklar i atmosfären. De delas vanligtvis in i två komponenter:

en *grov komponent* bestående av delar mindre än 10 μm ($\mu\text{m} = \text{PM}$) men större än 2,5 μm (PM_{10}), och en *finare komponent* bestående av delar mindre än 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$). Mekaniska processer, som byggverksamheter och re-suspension av damm och havssalt med hjälp av vinden är de viktigaste källorna till den grova komponenten PM_{10} . Den finare fraktionen består huvudsakligen av produkter av förbränningsprocesser, såsom förbränning av fossila bränslen, biomassa och sekundära partiklar som transporteras långa sträckor (Vallius et al., 2005 & Erell et al., 2011). Den finare komponenten antas vara den farligaste för människor och djur då den, på grund av sin storlek, lätt kan tränga ner i lungor och vener (Sjöman & Slagstedt, 2015 samt Erell et al., 2011).

Exponering för partiklar bidrar till risken att utveckla andningssvårigheter, hjärt- kärlsjukdomar och lungcancer (WHO, 2011). Effekterna förvärras av exponeringsvaraktigheten på grund av ackumulation, vilket är en av anledningarna till att långsiktiga hälsoeffekter är av störst intresse. Partiklar från dieselavgaser har framstått som extra farliga för vår hälsa (Bernstein et al., 2004).

I Europa är medellivslängden drygt åtta månader kortare på grund av exponering för förorenade partiklar som producerats av mänskliga aktiviteter. Forskning visar att heladagen-dödligheten ökar i takt med att mängden PM_{10} ökar, samtidigt som antalet sjukhusvister för astma och kronisk lungsjukdom bland äldre, samt hjärt-kärlsjukdomar, stiger (WHO, 2011).

Höga halter ozon (O_3) på marknivå kan orsaka lunginflammation och minska lungkapaciteten, vilket kan leda till förtidig död. De negativa hälsoeffekterna av ozon uppstår inom ett mycket kort tidsintervall av några timmar, och ter sig värre för astmapatienter än för de utan astmasymptom (Bernstein et al., 2004). I takt med att jordens medeltemperatur stiger förväntas också ozonhalterna öka.

Kvävedioxid (NO_2) är en giftig gas som i höga halter har mycket farliga, kortsiktiga bieffekter. Men, så pass höga halter återfinns inte i vår utemiljö. Genom en fotokemisk reaktion reagerar NO_2 med kolhydrater och bildar marknära ozon, som är en huvudbeståndsdel i smog. Fotokemiska reaktioner med NO_2 bidrar också till uppkomsten av nitratpartiklar som är en stor beståndsdel av $\text{PM}_{2,5}$. NO_2 's viktigaste funktion är dess användning som markör för trafikrelaterade föroreningar såsom partiklar, kvävedioxider och bensen. Denna mix av föroreningar antas innebära stora påfrestningar på vår hälsa. Bronkitsymptom hos barn ökar i samband med förhöjda halter av NO_2 . Långsiktigt förhöjda NO_2 -halter förknippas också med reducerad lungkapacitetstillväxt hos barn (WHO, 2003 & 2011).

Sulfatdioxid (SO_2) är en produkt av förbränning av fossila bränslen som kol och olja. Det släpps också ut stora mängder i samband med vulkanutbrott. Hälsoeffekterna av SO_2 innebär nedsatt lung- och andningsfunktion, vilket kan leda till för tidig död. Som med ozon är effekterna värre för astmapatienter. Det är dock fortfarande osäkert huruvida effekterna kan tillskrivas SO_2 som enda faktor eller om det bara utgör markör för en mix av föroreningar innehållande SO_2 (WHO, 2003).

5.4.1 - FÖRESKRIFTER OCH ALLMÄNNA RÅD - LUFTKVALITET

Högsta tillåtna halter av föroreningar i utomhusmiljöer regleras på EU-nivå. Europaparlamentets Direktiv 2008/50/EC (EU, 2008) fastställer tröskelvärden för halter som kan överskridas ett begränsat antal gånger. En överblick över EU-reglerna för ovannämnda föroreningar återges i tabell 4. Värdena är något högre än riktlinjerna för luftkvalitet från Världshälsoorganisationen, WHO, (tabell 5) men de flesta värden följer WHO:s tillfälliga målvärden föreslagna som inkrementella steg i en gradvis minskning av luftföroreningar.

Tabell 4. Direktiv 2008/50/EC (EU, 2008) - Högsta tillåtna värden för olika föroreningar

Förorenat ämne	Halt	Medelvärdesperiod	Antal tillåtna överskridelser/år
PM _{2.5}	25 µg/m ³	1 år	
PM ₁₀	50 µg/m ³	24 timmar	35
	40 µg/m ³	1 år	
SO ₂	350 µg/m ³	1 timma	24
	125 µg/m ³	24 timmar	3
NO ₂	200 µg/m ³	1 timma	18
	40 µg/m ³	1 år	
O ₃	120 µg/m ³	Medelvärde max 8h/dag	Genomsnitt 25 dagar över 3 år

Tabell 5. Världshälsoorganisationen (WHO, 2006b) - riktlinjer för luftkvalitet

Förorenat ämne	Halt	Medelvärdesperiod
PM _{2.5}	10 mg/m ³	1 år
	25 mg/m ³	24 timmar
PM ₁₀	20 mg/m ³	1 år
	50 mg/m ³	24 timmar
SO ₂	20 mg/m ³	24 timmar
	500 mg/m ³	10 minuter
NO ₂	40 mg/m ³	1 år
	200 mg/m ³	1 timma
O ₃	100 mg/m ³	8 timmar

Föroreningar som kommer utifrån äntrar byggnader genom ventilation och infiltration. Luftkvaliteten i utemiljöer influerar alltså vår inomhusmiljö. I Sverige behandlas luftmiljö och ventilation i inomhusmiljöer i Boverkets Byggregler, BBR; Avsnitt 6 Hygien, hälsa och miljö (Boverket, 2015), i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om Hygieniska Gränsvärden (Arbetsmiljöverket, 2011) samt i Folkhälsomyndighetens Allmänna råd om ventilation (FoHM, 2014a) och Allmänna råd om fukt och mikroorganismer (FoHM, 2014b), vilka är betydligt mer generella än de från WHO och Europaparlamentet (EU, 2008). Sverige arbetar hela tiden med att minska luftföroreningar och partikelutsläpp vilket huvudsakligen styrs av regeringens miljökvalitetsnormer för utomhusluft vilka syftar till att skydda människors hälsa och vår miljö. Normerna är huvudsakligen baserade på EU-direktiv och några av dem är gränsvärdesnormer vilka *ska följas*, medan agerar mer vägledande och *bör eftersträvas*. Förordningen heter idag luftkvalitetsförordningen (2010:477).

Föreskrifterna och de allmänna råden nämnda ovan är svåra att följa och implementera när det kommer till design och stadsbyggnad eftersom att de inte innehåller någon rumslik information (Pijpers-van Esch, 2015). Med tanke på att spridningen av föroreningar är så starkt relaterad till vindflöde bör riktlinjerna för komfort och fara kompletteras med information om rumslika gestaltningar som stödjer avlägsnandet av förorenad luft i utomhusmiljöer. I tillägg till detta bör det tas fram riktlinjer som främjar användandet av naturlig ventilation. Sådana riktlinjer bör också behandla lokaliseringen av, och avståndet mellan byggnader gällande lufttrycksskillnader mellan inlopp och utlopp, samt lokaliseringen av inlopp och utlopp i relation till luftkvaliteten utomhus (Pijpers-van Esch, 2015).

5.5 - LJUD

Hur starkt vi uppfattar ett ljud beror dels på ljudtrycket och dels på ljudets frekvenssammansättning. Ljudnivån mäts i decibel (dB) där ekvivalent och maximal ljudnivå är två olika mått som används.

Ljud är egentligen tryckförändringar i luften som sprids likt vågrörelser vilka skapar ljud. Ljudets styrka; ljudnivån, mäts i decibel (dB), och antal svängningar per tidsintervall (frekvens) mäts i Hertz (Hz): hög frekvens innebär en ljus ton, och låg frekvens ger en mörkare, djupare ton - färre svängningar per tidsintervall.

För att måtten för ljudnivån ska beskriva hur starkt människan uppfattar ett ljud gör man oftast en vägning av ljudets frekvenssammansättning. A-vägningen är framtagen för att efterlikna hörselns varierande känslighet, där känsligheten för låga frekvenser är betydligt lägre än känsligheten för högre frekvenser. A-vägningen används normalt för trafikbuller och uttrycks som dBA (Trafikverket, 2015).

Det mänskliga örat är inte lika känsligt för alla ljud och toner; ljud med en frekvens på 2000 Hz är till exempel lättare för oss att uppfatta än ljud med en frekvens på 100 Hz. Det finns gränser för vad det genomsnittliga mänskliga örat kan höra, och det finns tröskelvärden för intensiteter (decibel, dB) ovanför vilka vi upplever att ljudet blir smärtsamt. Negativa hälsoeffekter uppstår dock på betydligt lägre ljudnivåer och frekvenser, vilket diskuteras nedan (Trafikverket, 2015).

För att beskriva bullerexponering under en längre tidsperiod används måttet *ekvivalent ljudnivå* vilket beskriver trafikbullret under ett genomsnittligt dygn (årsmedeldygn). Måttet är dock inte lämpligt för att beskriva ljud som varierar mycket kraftigt och ljud som förekommer sällan. Vid beskrivningar av trafikbuller i Sverige används därför även ett mått för den maximala ljudnivån från ett fordon, fordonsekipage eller tåg som passerar, se tabell 6 (Trafikverket, 2015).

Tabell 6. Ljudnivåer dBA (Trafikverket, 2015)

Aktivitet	Ljudnivå
Vindprassel	ca 35 dBA
Normalt samtal	ca 60 dBA
Storstadsgata	ca 75 dBA
Tåg	ca 85 dBA
Nattklubb	ca 105 dBA
Smärtgräns	ca 125 dBA
Jetplan	ca 145 dBA

Ljud har auditiva och extraauditiva effekter på vårt välbefinnande. Auditiva effekter, som akustiskt trauma, tinnitus och försämrad hörsel uppstår oftast från exponering för yrkesmässigt och socialt buller. I stadsmiljön är det största orosmomentet de extraauditiva effekterna på välbefinnande. Dessa kan relateras till förekomsten av irritation och stressrelaterade syndrom, vilket orsakar stora hälsorisker för merparten av världens befolkning (Pijpers-van Esch, 2015; Trafikverket, 2015). Enligt WHO (1999) är ungefär hälften av befolkningen inom EU exponerad för trafikbullernivåer som kan orsaka irritation.

Ljud kan skapa irritation på grund av störda aktiviteter, kommunikation, koncentration och sömn samt psykologiska reaktioner på buller. Effekterna av sömnstörningar har beskrivits väl av Carter (1996), Miedema & Vos (2007) samt Muzet (2007) som förklarar att omedelbara effekter av sömnstörningar innefattar svårigheter att somna, ökad rörelse under sömnen, uppvaknanden och växlingar mellan de olika sömnstadierna, vasokonstriktion samt förändringar i hjärtfrekvens. Andra, mindre effekter, som ofta uppstår på dagtid inkluderar minskad upplevd sömnkvalitet, ökad trötthet, nedstämdhet och minskad kognitiv förmåga.

Irritation i sig kan leda till stress, i samband med en ökning av stresshormoner och blodtryck, och det verkar som att särskilt långvarig exponering för yrkesbuller och flygtrafikbuller ökar risken för hjärtinfarkt och hjärtskrämsjukdomar (Van Kempen et al., 2002). Med tanke på detta är källan till bullret av stor vikt för vår upplevda irritation och det har visat sig att människor, på en given ljudnivå, har olika uppfattning av ljud från olika källor. Generellt sett upplevs ljud från naturen som positiva, medan ljud från trafiken mest upplevs irriterande. Det finns dock skillnader för olika trafikslag; irritation som uppstår i samband med flygtrafikbuller är störst i jämförelse med buller som uppstår till följd av andra trafikslag, följt av buller från vägtrafiken. Järnvägsbuller anses vara det minst irriterande, och är den typ av buller som ökar långsammast i samband

med att ljudnivån ökar (Miedema & Vos, 1998). Vid en ljudnivå av 60dB anser ca 20% av befolkningen sig mycket irriterad av flygtrafik, ca 10% av vägtrafik och ca 7% av spårbunden trafik. Om ljudnivån ökar till 70 dB stiger de respektive siffrorna till 40%, 30% och 15% (Miedema & Vos, 1998).

En omfattande undersökning gällande offentliga utrymmen i urbana miljöer i Europa och Kina, genomförd 2007 av Zhang & Kang, visar att vattenljud och fågelsång är väldigt uppskattade medan mekaniska ljud från exempelvis byggarbetsplatser, musik från bilar samt fordonsljud är minst uppskattade, ibland till och med irriterande. Kulturellt godkända ljud som kyrkklockor och live-musik är vanligtvis accepterade och uppskattade, medan mänskliga ljud som tal och ljud från barn som leker varken är uppskattade eller upplevs irriterande.

För bostadsområden visar resultaten att tillgång till lugna områden, både inomhus och utomhus, resulterar i lägre grad och mindre omfattning, av irritation, stress och därvid relaterade hälsoproblem (Öhrström et al., 2006). Vidare visar studier att ljud på den avskärmade sidan av byggnaden, både inomhus och utomhus, upplevs som mindre accepterade jämfört med motsvarande ljud på den exponerade sidan (Öhrström et al., 2006).

5.5.1 - FÖRESKRIFTER OCH ALLMÄNNA RÅD - LJUD

Eftersom trafiken är den huvudsakliga orsaken till irritation i samband med ljud, och är den bullerkälla som flest människor dagligen utsätts för i stadsmiljöer, kommer följande avsnitt fokusera på regler och normer för trafikbuller.

EU Direktivet om bedömning och hantering av omgivningsbuller (EU, 2002) anger mått som ska användas i samband med kartläggningar av buller. Måtten är *Lden* (dag-kväll-natt-nivå) och *Lnicht* (ekvivalent ljudnivå nattetid). I måttet *Lden* räknas den ekvivalenta ljudnivån för kvällen upp med 5 dB och nivån för natten med 10 dB. Både måtten *Lden* och *Lnicht* redovisar ljudnivån på 4 meters höjd över marken.

WHOs rekommendationer för ljudnivåer särskiljer ett par funktioner som kan relateras till rumsligheter, se tabell 7. Idén om olika ljudnivågränser för olika typer av markanvändningar eller funktioner backar upp tanken om att miljö påverkar vår uppfattning av ett visst ljud. Eftersom att störningar från ljud påverkas av psykologiska faktorer, som miljö, personlighet, beteende etc., kan de förekomma även när ljudnivåerna är lägre än den lagstadgade gränsen (Pijpers-van Esch, 2015).

I Sverige regleras ljud i utomhusmiljöer i Boverkets byggregler, BBR Avsnitt 7: Bullerskydd, samt av Trafikverket. En längre redogörelse över föreslagna ljudnivåer återges i kapitel 4.5.

Tabell 7. Världshälsoorganisationen (WHO, 1999) - rekommendationer för ljudnivåer

Miljö	Hälsorisker	Ljudnivå	Medelvärdesperiod	Max. ljudnivå
Utomhusmiljö	Stark irritation, dagtid & kvällstid	55 dB(A)	16 timmar	
	Måttlig irritation, dagtid & kvällstid	50 dB(A)	16 timmar	
Bostad, inomhus	Möjlighet att uppfatta tal, måttlig irritation	35 dB(A)	16 timmar	45dB
	Sömnstörningar, nattetid	30 dB(A)	8 timmar	
Utanför sovrum	Sömnstörningar, öppet fönster	45 dB(A)	8 timmar	60 dB
Industri, shopping & trafikområden, inomhus & utomhus	Hörseleinsättning	70 dB(A)	24 timmar	110 dB

5.6 - TERMISK KOMFORT I UTEMILJÖER

Lufttemperatur, strålning, vind och relativ fuktighet är de huvudsakliga klimatkomponenterna som påverkar den mänskliga termiska balansen som diskuterats i avsnitt 5.1.2. Balansen räknas ut genom ekvationen

$$M + R + C_v + C_d - E = \Delta_s$$

där:

M = ämnesomsättning

R = nettostrålning

C_v = konvektivt värmefflöde

C_d = konduktivt värmefflöde

E = värmeförlust genom avdunstning

Δ_s = förändring i mängden lagrad värme

Ämnesomsättningen utgörs av en individs inre energiproduktion för basala processer, såsom andning, blodcirkulation och muskelarbete, och kan variera från 70 W när vi sover till 700 W vid intensiv träning. Värmen som produceras behöver avledas från kroppen för att kunna upprätthålla en jämn kärntemperatur.

Nettostrålningen är balansen mellan strålning från omgivningen och den strålning som lämnar kroppen, som beskrevs i avsnitt 5.1.2. Under en solig dag är balansen oftast positiv, medan en kall, molning dag resulterar i negativ balans.

Konvektion är den värmeledningsprocess som sker genom förflyttningen av en vätska eller ett material, i det här fallet luft, från ett objekt till dess omgivning. Vind kan kraftigt förstärka konvektion; ju starkare vindstyrka, desto högre konvektionshastighet. I varma klimat där lufttemperaturen är högre än hudtemperaturen kan kroppen värmas upp av konvektionen, men allt som oftast kommer kroppstemperaturen sjunka genom konvektion (Pijpers-van Esch, 2015).

Konduktion är den värmeöverföringsprocess mellan material som är i direkt kontakt med varandra; en ledande överföring. Överföringen sker genom molekylvibration, utan att materialet som helhet rör på sig, i motsats till konvektiv värmeöverföring. Eftersom att människan oftast bara har fysisk kontakt med material i utemiljön via skorna när vi går eller står är den konduktiva värmeöverföringen nästintill obetydlig för vår värmebalans. Ledande värmevinster eller förluster från luften är vanligtvis mycket små, eftersom luft är en dålig ledare när det kommer till värme.

Människan förlorar också värme genom avdunstning av svett och utandning - utandad luft är vanligtvis varmare och fuktigare än inandad luft. Ett högt värde av relativ fuktighet (>65%) försvårar avdunstningen av svett, medan ett lägre värde (<30%) leder till uttorkning av hud, munn och svalj, dessutom orsakar båda obehagskänslor.

Den relativa betydelsen av de olika klimatkomponenterna på vår termiska balans beror mycket på väderförhållandena. Vid låga vindhastigheter har MST (medelstrålningstemperaturen) ungefär lika stor betydelse som lufttemperaturen. Vid höga vindhastigheter är lufttemperaturen däremot mycket viktigare då den dominerar den ökade konvektiva värmeväxlingen (Höppe, 1999). Detta kan relateras

till det faktum att MST således har stor påverkan på den termiska balansen i varma klimat, medan det är vindhastigheten som spelar störst roll i kallare områden.









Om värmevinster och förluster är i jämviktsläge ($\Delta_s = 0$ i ekvationen ovan) behövs minimalt med energi för att bibehålla en stadig kärntemperatur och uppkomsten av fysiologiska värmespänningar undviks.

Studier visar att människor i varma klimat upplever högre temperaturer och större temperaturvariationer som behagliga, i motsats till de som bor i kallare klimatzoner, och neutrala temperaturer, inte för kallt - inte för varmt, varierar något enormt i Europa, mer än 10 °C, men också över årstiderna; vi förväntar oss varma temperaturer under sommaren och början av hösten, medan kallare temperaturer upplevs behagliga under våren eftersom vi fortfarande har vinterns kalla klimat färskt i minnet (Nikolopoulou & Lykoudis, 2006).

Det visar sig också att människor är mer toleranta till att vistas i speciellt tempererade klimat när det är deras eget val än när de förväntas vara där vilket tyder på att graden av kontroll över vår termiska miljö spelar stor roll i vår upplevelse av komfort och välbehag.

5.7 SAMMANFATTNING

Kapitlet har fokuserat på att diskutera de olika mikroklimatens påverkan på människans fysiska välbefinnande. Vissa effekter är mer akuta än andra, och vissa utvecklas över en längre period av under- eller överexponering. Vissa orsakar obehag, vilket kan resultera i mer allvarliga hälsorisker över långa perioder, andra kan vara livshotande. Effekterna av de olika mikroklimatkomponenterna redovisas kortfattat nedan.

Mikroklimatkomponent		Påverkan på människans fysiska hälsa
Solstrålning		<p>För lite UV: D-vitaminbrist</p> <p>För mycket UV: Solbränna Påskyndande av hudens åldrande Hudcancer Negativa effekter på ögonen</p>
Dagsljus		Störningar i dygnsrytmen och kortisolcykeln vilket orsakar försämrad sömnkvalité, depressionskänslor, lägre immunförsvar, möjlig tumörbildning
Vind		<p>Konvektiv nedkylning av huden (positivt på sommaren, negativt på vintern)</p> <p>Obehag (flaxande kläder, intrasslat hår, flygande papper)</p> <p>Balansproblem</p>
Luftkvalitet		<p>Partiklar (PM₁₀/PM_{2,5}): Hjärt-kärlsjukdomar Andningssvårigheter Lungcancer Astma och andra lungsjukdomar</p> <p>Ozon (O₃): Lunginflammation Nedsatt lungkapacitet</p> <p>Kvävedioxid (NO₂): Bronkitsymtom hos barn Reducerad lungkapacitet hos barn</p> <p>Sulfatdioxid (SO₂): Nedsatt lung- och andningskapacitet</p>
Ljud		<p>Sömnstörningar (och därtill ökad trötthet, depressivt humör eller välbefinnande och nedsatt kognitiv förmåga)</p> <p>Irritation</p> <p>Stress</p> <p>Nedsatt hörsel</p>
Värme	  	<p>För lite värme (kyla): Hypertermi Frostskador Hjärt- kärlsjukdomar, andningssvårigheter och cerebrovaskulära sjukdomar</p> <p>För mycket värme: Värmestress (värmeutslag, värmekramper, utmattning) Arteriella och cerebrala blodproppar Hjärt- kärlsjukdomar, andningssvårigheter och cerebrovaskulära sjukdomar</p>

5.8 DISKUSSION

De urbana mikroklimatkomponenternas effekter på människans fysiska välbefinnande kan vara betydande, vilket visats i detta kapitel. Eftersom morfologi och material samt planering och design av stadsmiljö har betydande inflytande på det urbana mikroklimatet är det mycket önskvärt att det behandlas och hålls i åtanke i den urbana designprocessen.

Lagstiftning är ett effektivt sätt att garantera att detta sker, och att rätt uppmärksamhet riktas mot urbana mikroklimat redan i tidiga skeden. Majoriteten av gällande lagar och regler är dock inte formulerade på ett sådant sätt som gör dem praktiska för konstruktionsändamål och i synnerhet inte för design i tidiga skeden; de saknar ofta rumslig information och är fokuserade på bedömning snarare än att ge riktlinjer för utformning. Som ett resultat av detta är uppmärksamheten riktad mot mikroklimat ofta begränsad till ett enda test utfört av en expert i slutet av designprocessen.

Ett krav som ställts av kunden, eller förekomsten av allmän medvetenhet om vikten av det urbana mikroklimatet kan vara ett bättre incitament, men också svårare att åstadkomma. Att förbättra medvetenheten hos stadsplanerare och arkitekter genom att erbjuda enkel och grundläggande kunskap om mikroklimat i förhållande till den byggda miljön är nödvändigt för att främja klimatanpassad design och därtill relaterat fysiskt välbefinnande för människan. Kapitel 6 kommer att ge sådan kunskap i form av designstrategier för mikroklimat i stadsrummet.

> REFERENSER KAPITEL 5

- Analitis, A., Katsouyanni, K., Biggeri, A., Baccini, M., Forsberg, B., Bisanti, L., Kirchmayer, U., Ballester, F., Cadum, E., Goodman, P. G., Hojs, A., Sunyer, J., Tiittanen, P. & Michelozzi, P., 2008.** *Effects of cold weather on mortality: Results from 15 European cities within the PHEWE project.* American Journal of Epidemiology, 168, s. 1397-1408
- Arbetsmiljöverket, 2011.** *Hygieniska gränsvärden - Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden.* Elanders Sverige AB 2011
- Barnett, J., 1982.** *An introduction to Urban Design.* New York, Harper & Row
- Basu, R. & Samet, J.M., 2002.** *Relation between elevated ambient temperature and mortality: A review of the epidemiologic evidence.* Epidemiologic Reviews, 24, s. 190-202
- Bernstein, J.A., Alexis, N., Barnes, C., Bernstein, I.L., Nel, A., Peden, D., Diaz-Sanchez, D., Tarlo, S.M. & Williams, P.B., 2004.** *Health effects of air pollution.* Journal of Allergy and Clinical Immunology, 114, s. 1116-1123
- Boverket, 2015.** *Regelsamling för byggande - Del 2: Boverkets Byggregler, BBR.* BFS 2011:6 med ändringar t.o.m BFS 2015:3. Elanders Sverige AB, Boverket 2015 s. 153-195
- Boverket, 2016.** *Rätt tätt - en idéskrift om förtätning av städer och orter.* [online] Boverket, Publikationsservice. Karlskrona. [Tillgänglig <http://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2016/ratt-tatt/> 2016-04-12]
- Brainard, G.C., 1994.** *Effects of Light on Brain and Behavior, International Lighting in Controlled Environments Workshop,* T.W.Tibbitts (Ed.), NASA CP-95-330
- Carter, N.L., 1996.** *Transportation noise, sleep, and possible after-effects.* Environment International, 22, s. 105-116
- City of New York, 1916.** *New York City 1916 Zoning Resolution.* [online] [Tillgänglig <http://www1.nyc.gov/site/planning/zoning/access-text.page> 2016-02-17]
- Curriero, F.C., Heiner, K.S., Samet, J.M., Zeger, S.L., Strug, L. & Patz, J.A., 2002.** *Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States.* American Journal of Epidemiology, 155, s. 80-87
- Erell, E., Pearlmutter, D., Williamson, T. 2011.** *Urban Microclimate - Designing the Spaces Between Buildings.* Storbritannien. Routledge
- EU (Europeiska Unionen), 2002.** *Direktiv 2002/49/EG: Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/49/EG av den 25 juni 2002 om bedömning och hantering av omgivningsbuller*
- EU, 2008.** *Directive 2008/50/EC of The European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe*
- Folkhälsomyndigheten (FoHM), 2014a.** *FoHMFS 2014:18 - Allmänna råd om ventilation.* Elanders Sverige AB 2014
- Folkhälsomyndigheten (FoHM), 2014b.** *FoHMFS 2014:14 Folkhälsomyndighetens allmänna råd om fukt och mikroorganismer.* Elanders Sverige AB 2014
- Gavhed, D., Mäkinen, T., Holmér, I. & Rintamäki, H., 2000.** *Face temperature and cardiorespiratory responses to wind in thermoneutral and cool subjects exposed to -10°C.* European Journal of Applied Physiology, 83, s. 449-456
- Gill JS, Davies P, Gill SK, Beevers DG., 1988.** *Wind-chill and the seasonal variation of cerebrovascular disease.* Journal of Clinical Epidemiology, 41(3), s. 225-230
- Grant, W.B., 2007.** *Roles of solar UV radiation and vitamin D in human health and how to obtain vitamin D.* Expert Review of Dermatology, 2, s. 563-577
- Gruijl, F.R. de, 1997.** *Health effects from solar UV radiation.* Radiation Protection Dosimetry, 72, s. 177-196
- Höppe, P., 1999.** *The physiological equivalent temperature - A universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment.* International Journal of Biometeorology, 43, s. 71-75
- Juzeniene, A., Brekke, P., Dahlback, A., Andersson-Engels, S., Reichrath, J., Moan, K., Holick, M.F., Grant, W.B. & Moan, J., 2011.** *Solar radiation and human health.* Reports on Progress in Physics, 74(6), 066701
- Keatinge, W.R., Donaldson, G.C., Cordoli, E., Martinelli, M., Kunst, A. E., Mackenbach, J.P., Nayha, S. & Vuori, I., 2000.** *Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: Observational study.* British Medical Journal, 321, s. 670-673
- Kursis, J., Mattsson, J. O., Glaumann, M., Wirén, B. 1982.** *Vindförhållanden i ett höghusområde.* [online] Byggforskningsrådet Rapport 91:1982. Stockholm [Tillgänglig https://www.researchgate.net/publication/262098799_Vindforhallanden_i_ett_hoghusomrade 2016-04-20]
- Langford, I.H., Bentham, G. & McDonald, A.L., 1998.** *Multi-level modelling of geographically aggregated health data: A case study on malignant melanoma mortality and UV exposure in the European community.* Statistics in Medicine, 17, s. 41-57
- Miedema, H.M.E. & Vos, H., 1998.** *Exposure-response relationships for transportation noise.* Journal of the Acoustical Society of America, 104, s. 3432-3445

Miedema, H.M.E. & Vos, H., 2007. *Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies.* Behavioral sleep medicine, 5, s. 1-20

Muzet, A., 2007. *Environmental noise, sleep and health.* Sleep Medicine Reviews, 11, s. 135-142

Nikolopoulou, M. & Lykoudis, S., 2006. *Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries.* Building and Environment, 41, s. 1455-1470

OFCEM (Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research), 2003. *Report on Wind Chill Temperature and Extreme Heat Indices: Evaluation and Improvement Projects.* FCM-R19-2003. Office of the federal coordination for meteorological services and supporting research, Washington, DC

Pijpers-van Esch, M., 2015. *Designing the Urban Microclimate - A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process;* Doktorsavhandling vid Delft University of Technology, Faculty of Architecture and Built Environment, Department of Urbanism, Department of Architectural Engineering + Technology

Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.), 2015. *Träd i urbana landskap.* Lund, Studentlitteratur AB. Kapitel 3, s. 231-322

Trafikverket, 2015. *Trafikbuller & vibrationer - Ljud och mått.* [online] Uppdaterad och granskad 150422. [Tillgänglig <http://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/trafikbuller-och-vibrationer/Fakta-om-buller-och-vibrationer/Ljud-och-matt/> 2016-02-17]

Vallius, M., Janssen, N.A.H., Heinrich, J., Hoek, G., Ruuskanen, J., Cyrys, J., van Grieken, R., Hartog, J.J. de, Kreyling, W.G. & Pekkanen, J., 2005. *Sources and elemental composition of ambient PM 2.5 in three European cities.* Science of the Total Environment, 337, s. 147-162

Van Kempen, E.E.M.M. van, Kruize, H., Boshuizen, H.C., Ameling, C.B., Statsen, B.A.M. & Hollander, A.E.M. de, 2002. *The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: A metaanalysis.* Environmental Health Perspectives, 110, s. 307-317

Veitch, J.A., Beld, G.V.D., Brainard, G. & Roberts, J.E., 2004. *CIE 158:2004 - Ocular lighting effects on human physiology and behaviour.* Austria, Commission Internationale de l'éclairage

WHO (Världshälsoorganisationen), 1999. *Guidelines for community noise.* London

WHO, 2003. *Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide.* Bonn

WHO, 2004. *Heat waves: risks and responses.* Health and global environmental change series, no.2. Copenhagen

WHO, 2006a. *Solar ultraviolet radiation, global burden of disease from solar ultraviolet radiation.* Environmental burden of disease. Geneva

WHO, 2006b. *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.* Global update 2005. Summary of risk assessment. Geneva

WHO, 2009. *Fact sheet n305. Ultraviolet radiation and human health*

WHO, 2011. *Fact sheet n313. Air quality and health*

Zhang, M. & Kang, J., 2007. *Towards the evaluation, description, and creation of soundscapes in urban open spaces.* Environment and Planning B: Planning and Design, 34(1), s. 68-8

Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H. & Gidlöf-Gunnarsson, A., 2006. *Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness.* Journal of Sound and Vibration, 295, s. 40-59

del två - designstrategier

A horizontal dotted line in a vibrant magenta color that spans the width of the page, starting from the left edge and extending past the right edge of the main content area.

VIND

SOLSTRÅLNING

DAGSLJUS

LJUD

LUFTKVALITET

6. DESIGNSTRATEGIER FÖR MIKROKLIMATET I STADSRUMMET

Att planera bebyggelse, grönområden och vegetation för att skapa så gynnsamma mikroklimat som möjligt handlar delvis om att undvika att skapa abrupta element som antingen ökar tryckskillnaderna i vind eller skapar kraftiga slagskuggor i omgivningen, och att istället följa landskapets profil. Bra exempel på smarta lösningar för klimatplanering går att hitta i äldre bebyggelse där man i kustnära lägen ofta byggde lägre hus som placerades omlott för att bryta upp de starka havsvindarna, eller i den samiska bebyggelsen där lavvon, eller kâtans, runda, konformade siluett uppkommit för att minska vindens påverkan (Sjöman & Slagstedt, 2015). Ett nyare exempel på bra klimatplanering är Bo01-området i Västra Hamnen i Malmö där utformningen av bostadsområden samspelar med lokalklimatet då ett labyrinth-liknande gatunät skapar lä från de starka Öresundsvindarna.

Självklart finns det också exempel på bebyggelse som *inte* är klimatanpassad där det mest påfallande är områden från miljonprogrammet där man ville att de boende skulle få goda dagsljusförhållandena, vilket resulterade i försämrade vindförhållanden. Detta beror delvis på att miljonprogrammen ofta uppfördes i utkanten av städer där vindstyrkorna ofta är mer påtagliga än inne i stadskärnan, och delvis på huskropparnas storlek, höjd och bredd samt deras placering: stora, raka byggnader i parallella led som skapar korridorer för vinden att accelerera i (Sjöman & Slagstedt, 2015).

Ovanstående exempel styrker den byggda miljöns påverkan på möjligheterna att skapa en gynnsam växtmiljö för etableringen av träd och grönytor. Gynnsamma miljöer skapas då planering och projektering av byggnader, mellanrum och grönytor interagerar men dessvärre kommer ofta grönmiljöerna i andra hand, som ett kompletterande moment där grönskan tvingas anpassas efter den redan planerade infrastrukturen av vägnät, byggnader, VA-ledningar mm. Genom att bättre förstå stadens befintliga strukturer och de tillkommande variationerna i lokal- och mikroklimat kan vi på sikt utveckla förutsättningarna för en mer hållbar etablering av platsens grönstruktur. Men, ett av de viktigaste grunddragen för ett hållbart resultat av träd i den varma staden är valet av växtmaterial. Detta behandlas i kommande avsnitt som också presenterar vegetationens möjlighet till påverkan i samband med respektive mikroklimatkomponent mer i detalj.

Med tanke på vegetationens stora möjligheter att skapa gynnsamma mikroklimat är det oerhört viktigt att tänka på *hur* och *var* vi planerar och planterar ny grönska (Haaland & Konijnendijk van den Bosch, 2015):

- **bevara** grönområden
- **förbättra** kvaliteten på befintliga grönområden
- **planera in** grönområden i nyetablerade och omgestaltade områden
- **ny grönska i 'svåra' områden** som idag saknar grönska, exempelvis trånga gator
- **smartare placering** av grönska i syfte att öka den visuella kvaliteten.

Att **bevara** befintlig grönska är det primära alternativet för effektiv planering av gröonstrukturer, framförallt i redan kompakta städer, och när det handlar om halvnaturlig grönska som ofta har en större artrikedom och är mer varierad än planterad vegetation. Noggrann planering av utvecklingsområden vid förtätning kan behålla 91 procent av den ursprungliga kolbindningen, och hela 82 procent av koldioxidlagringen (Haaland & Konijnendijk van den Bosch, 2015). Att **förbättra** kvaliteten på befintliga grönytor är en annan viktig aspekt, både ur rekreationssynpunkt, men också sett ur ett biologisk mångfaldsperspektiv, och är särskilt viktigt i områden där nya grönytor inte kan åstadkommas (Jim, 2013). Ett bra sätt att försäkra kvaliteten är att tillämpa ekologiska principer vid val av vegetation, exempelvis en mer naturlig artsammansättning och insatser som förstärker den biologiska mångfalden. Befintliga områden med låg biologisk mångfald och enkel design kan lätt omvandlas till mer naturliga grönytor. Generellt sett behövs det mer innovativa idéer för grönytor, vilka bör förverkligas genom ett tvärvetenskapligt angreppssätt. Grönytorna i fråga omfattar särskilt områden som idag är gröna tak eller väggar, gaturum, eller ytor som behöver förbättrade förutsättningar för planteringar. Det är viktigt att **planera** in grönytor i ett tidigt skede, förslagsvis genom en gröonstrukturplan som utarbetas innan byggnadsplanen, och grönskan bör hanteras bättre under konstruktion- och byggnationsfasen då fler träd kan sparas, eller i värsta fall planteras om (Jim, 2013).

Knepiga områden som saknar grönska, så som smala gaturum, kan med relativt små medel förseas med rätt typ av grönska om vi bara anstränger oss lite. Den visuella kvaliteten och grönskans synlighet kan förbättras genom smartare placering av grönytor, och lämpligt val av arter. Det är inte bara mängden grönytor som påverkar hur vi uppfattar grönytor, utan också hur grönskan är **fördelad och pla-**

cerad över staden (Jim, 2013). I Singapore till exempel, där det finns relativt lite plats för grönska i stadskärnan, är grönytorna utformade på 'rätt' sätt vilket visar hur grönska kan förbättras kvalitativt även på liten yta. Detta kan uppnås genom att integrera fördrojningssystem för dagvatten i bebyggelsen, vilket ger en bra variation i kvartersstrukturen i innerstaden (Haaland & Konijnendijk van den Bosch, 2015).

Något som också påverkar stadsklimatet i stor utsträckning är material, beläggningar och ytstrukturer. Markbeläggning och byggnadsmaterial påverkar främst energibalansen, men även ljudet i staden. Vegetation bidrar med skugga, vilket i sig reducerar solstrålarnas möjlighet att värma upp omgivande ytor, samtidigt som den filterar luften från partiklar, och bidrar till en

jämnare spridning av ljud. I kombination med vatten sänker den också lufttemperaturen genom evapotranspiration, vilket förbättrar mikroklimatet under varma perioder. Den skyddar oss från vinden vilket förbättrar vindkomforten för fotgängare och cyklister, men det reducerar också infiltrationen av luft i byggnader, två aspekter som båda är väldigt viktiga under kallare perioder.



Bild 3. Gaturum där man smalnat av körbanan för att lämna plats åt grönskan.
Foto: Anna Davéus, Berlin 2016



Bild 4. Ett 'knepigt område' som med enkla medel försetts med grönska (och som dessutom samutnyttjas); Klunkerkranich takträdgård är anlagd på taket av en galleria i Berlin.
Foto: Anna Davéus, Berlin 2016

Tak- och fasadmaterial, markbeläggning och kulörer specificeras ofta av arkitekter av en mängd olika anledningar, där kostnad, hållbarhet och utseende bara är några av dem. Materialens termiska egenskaper, särskilt isolering, bedöms normalt sett i samband med byggnadens energibudget. De material som utgör den urbana ytan har tillsammans stort inflytande på dess termiska och hydrologiska balans. En ytas absorptionsförmåga och termiska admittans påverkar dess temperatur i föränderliga förhållanden, vilket i sin tur påverkar lufttemperaturen. Men, yttemperaturen avgör också strålningsutbytet med fotgängare vilket är en viktig faktor i avgörandet av deras termiska komfort (Erell et al., 2011). Våglängdsselektiva beläggningar (*wavelength-selective coatings*) är en ny typ av beläggning där de olika varianterna stänger ute reflektioner på olika våglängder beroende på användarens intentioner, vilken kan användas på markbeläggningar eller fasadmaterial för att ändra balansen mellan deras visuella och termiska egenskaper. De kan också ha effekt på den totala energibalansen i en stad om de används i tillräckligt stor utsträckning (De et al., 2013).

Följande avsnitt presenterar fem designstrategier, baserade på resultatet från litteraturstudien, för att vid förtätning skapa så gynnsamma mikroklimat som möjligt, bland annat genom vegetation och genom att styra solexponering och luftflöde i stadsområden. Utöver detta presenteras också de effekter olika byggmaterial och markbeläggningar har på mikroklimaten i intilliggande stadsrum. Vegetation är det element som har absolut störst möjlighet att påverka mikroklimatet vilket är anledningen till att avsnittet genomgående främst fokuserar på just vegetationens effekt. Visst fokus läggs även på de rent byggnadstekniska aspekterna då byggnaders storlek och placering också har stor möjlighet att påverka mikroklimatet. Varje designstrategi avslutas med en sammanfattning.

DESIGNSTRATEGI 1 - VIND

LÄPLANTERINGAR

En stadskärnas speciella vindproblem kräver olika typer av lösningar, både av vegetation, byggda vindskydd och materialval. Att använda vegetation som vindskydd kräver stor kunskap om växterna, de egenskaper som har betydelse för läeffekten, samt hur en plantering fungerar och bör skötas. En viktig aspekt är *tiden* - vegetation förändras med tiden. Behovet av vindskydd på en given yta är ofta statiskt, medan en läplantering är dynamisk - den växer, förändras och utvecklas hela tiden. Äldre planteringar blir ofta glesa nertill, och breda planteringar riskerar att bli 'tomma' inuti, vilket är en viktig anledning till att ett kombinerat vindskydd med olika arter av träd och buskar samt ändamålsenlig skötsel av växterna lämpar sig när man vill styra tätheten. Det är däremot viktigt att tänka på tätheten hos de olika arterna under vintern då många skiljer sig åt i täthet mellan säsongerna (Lindholm et al., 1988). Träd som ska ingå i olika typer av läplanteringar måste ha god mekanisk styrka vilket innebär att de måste ha förmågan att utveckla en bra ved- och grenstruktur så att stammen och grenarna kan stå emot starka vindar utan att brytas, och en stabil förankring i marken genom rotutveckling. Värt att påpeka är också att arter med bra vindreduceringsförmåga också bidrar med en effektivare evapotranspiration (Sjöman & Slagstedt, 2015).

Behovet av vindskydd i stadskärnan kan härledas till tre typer:

- *Åtgärder för att minska förstärka vindar kring byggnader*
- *Vindskydd för begränsade vistelseytor med höga läkrav*
- *Vindskydd för att ge en allmän vindsänkning över en större yta.*

Öppna, utsatta lägen och olämplig placering av byggnader och höghus bidrar till att skapa vindförhållanden som minskar utemiljöns användbarhet. Detta innebär att olika utemiljöer behöver olika vindskydd. Miljöer där vi sitter stilla eller leker, t ex lekplatser eller sandlådor behöver effektivare vindskydd än miljöer där vi rör oss mer (Lindholm et al., 1988; Oke, 1987).

Vegetationens höjd och täthet är av yttersta vikt: höjden ger förutsättningen för läområdets längdsutsträckning och tätheten bestämmer karaktären, eller vindreduktionen, på läområdet. Det är också viktigt att lägga energi på brynet; där vegetationen möter vinden då det är där det avgörs hur mycket vind som tar sig igenom vegetationen. Vid sittplatser bör vegetationen vara så tät som möjligt, för att förse besökaren med så bra vindskydd som möjligt och därmed möjliggöra en lång vistelse på platsen, men när det är större områden som ska vindskyddas måste en glesare typ användas. Täta vindskydd kan förse ytan med maximal vindreduktion på kortare avstånd jämfört med glesare vindskydd som släpper igenom mer vind. Höjdmässigt bör ett vindskydd på nära avstånd vara åtminstone lika högt, gärna det dubbla, som ytan det ska skydda. I vissa fall lämpar det sig att kombinera olika täthetsgrader i samma plantering. Det har däremot visat sig svårt att bestämma tätheten i en levande vegetationsskärm då stammar, grenar, kvistar och löv tillsammans bildar ett komplext nätverk med större och mindre hålrum.

I urbana miljöer lämpar det sig att använda täta häckar som vindskydd, framförallt när man vill vindskydda små ytor, då en tät berså anses vara ett av de bästa vindskydden i sammanhanget. Läeffekten av en häck ökar om man placerar en enkel trädrad på lovartsidan av häcken.

Alléer, som ofta pryder våra boulevarder och storgator, ger ingen läeffekt på nära avstånd, utan först när den vindskyddade ytan är på ett avstånd av 5-10 gånger höjden av allén. I alléer med uppstammade träd riskerar vindhastigheten till och med att öka mellan stammarna. Även om alléer främst planteras av estetiska anledningar kan detta vara bra att veta (Oke, 1987 & Erell et al., 2011). Det finns däremot faktorer som påverkar läeffekten av läplanteringar (Lindholm et al., 1988 & Erell et al., 2011):

MARKYTAN

Hur skrovlig eller ojämn markytan är har stor betydelse för vindreduktionen nära marken. Markytan påverkar både vindhastigheten på vindsidan och hur stor läverkan av planteringen blir. En skrovlig yta genererar lägre vindreduktion än en slät yta vilket delvis beror på att en skrovlig yta i sig har vindreducerande effekter.

RIDÅNS HÖJD

Höjden är den faktorn som tillsammans med tätheten har störst påverkan på vegetationsridåns läeffekt och utbredning, vilket är anledningen till att läområdets utbredning ofta anges i hinderhöjder. Hur långt ridåns påverkan sträcker sig beror också på genomsläppligheten, markråheten, bredden, brynets profil och krontaketets form

RIDÅNS TÄTHET

Tätheten avgör främst hur stor vindreduktionen på läsidan blir, och hur läet fördelas. En tät ridå genererar mest lä precis bakom ridån, medan en glesare ger ett mindre men jämnare lä över en längre sträcka. Täta ridåer medför dock ökad turbulens, vilket gör att sträckningen blir kortare. En tumregel gällande täthet är att man ska kunna se markens färg, men inte nödvändigtvis vad det är för gröda, på andra sidan när man står precis intill planteringen.

BREDDEN

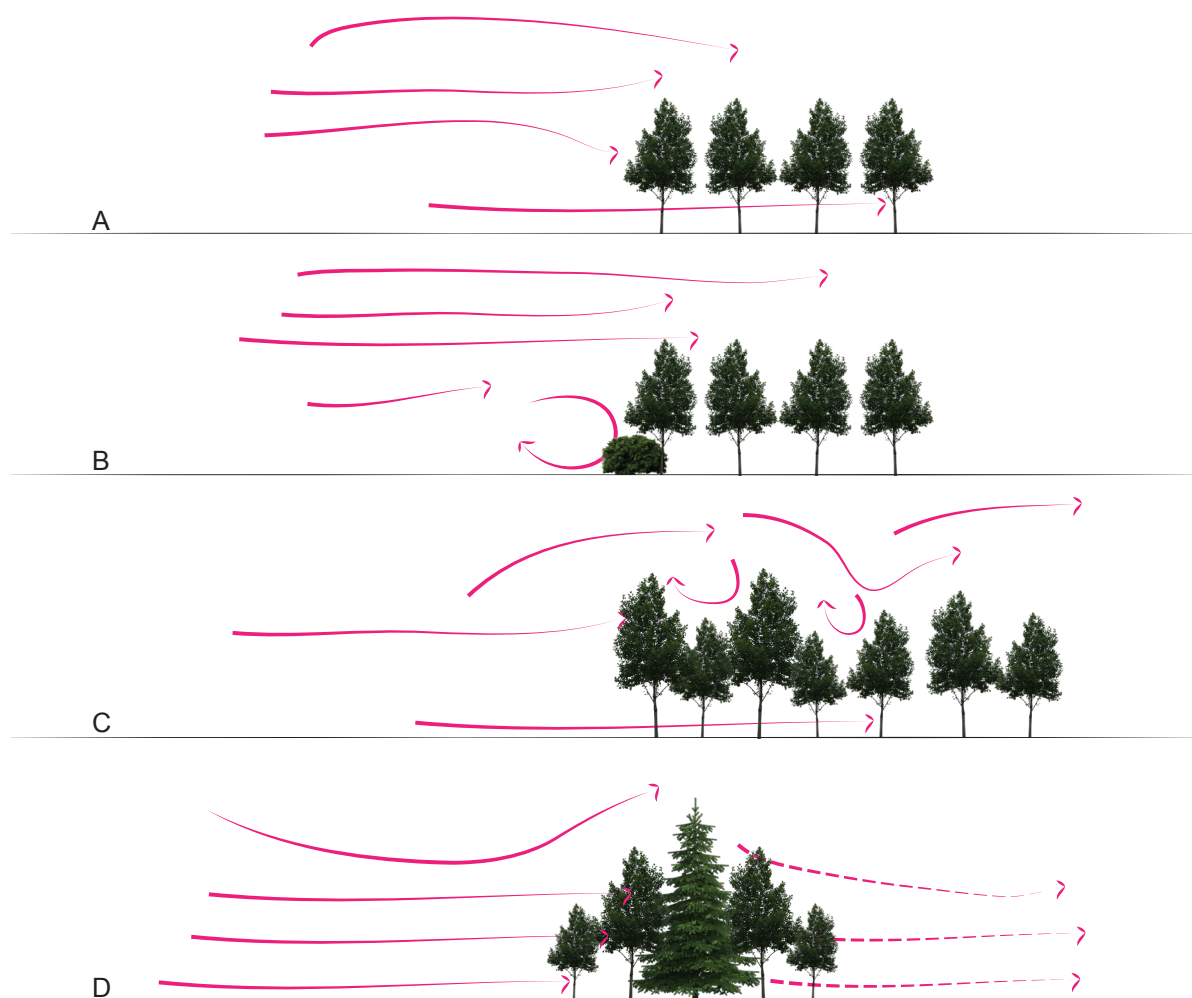
Bredden i sig anses inte påverka läeffekten, men läplanteringens höjdtillväxt, täthet och livslängd påverkas av bredden vilket gör att den indirekt ändå har betydelse för läeffekten. Mycket täta ridåer (med en genomsläpplighet på under 20%) har H/B-relationen stor effekt på läområdets utredning samt graden av lä i olika delar av området. Breda planteringar, leder ofta vinden parallellt med krontaket vilket genererar nedåtgående energitransport på läsidan av ridån. De ger därför bäst effekt vid låga vindhastigheter.

Bredden har också betydelse för snödrift. För att undvika att snödrivor ansamlas på olämpliga ytor intill ridån bör planteringen anläggas så bred och gles som möjligt. Detta gör att upplagringen av snö och sandpartiklar sker inuti ridån. Detta innebär självklart att arter måste väljas med omsorg då de måste tåla sand- och snöupplagring längs stammarna.

LÄNGDEN

Längden har stor betydelse då det bildas virvlar runt hörnen vid planterings kortsidor. För att en planteringsridå ska hålla 'helt tätt', alltså att läområdet bakom ridåns mittpunkt ska vara helt opåverkat av vinden, krävs det en längd/höjd-relation på ungefär 12:1. Detta innebär alltså att ju längre en ridå är, desto mindre påverkas läområdet av ändvirvlarna. Relationstalet minskar i takt med att genomsläppligheten ökar, och ändvirvlarnas styrka och utsträckning kan minskas genom att glesa ut planteringen mot kortsidorna, eller göra den sluttande med det högsta partiet i mitten.

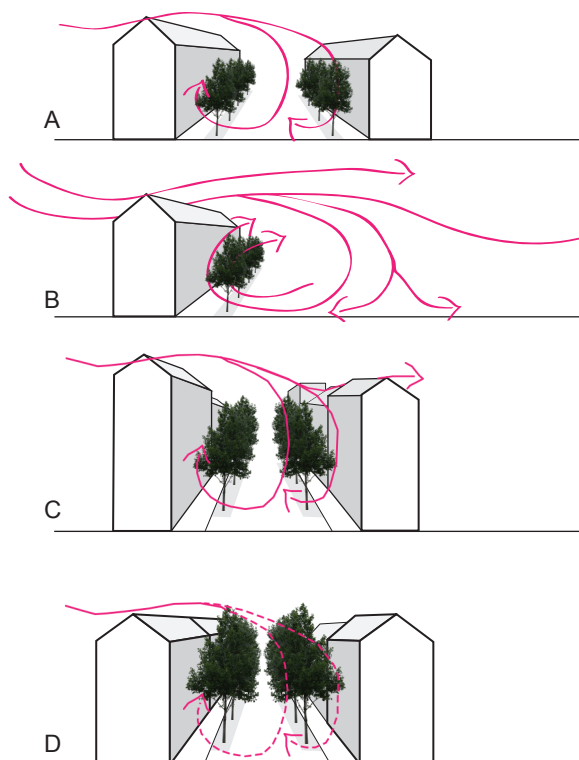
Figur 23 nedan visar hur olika typer av planteringar hanterar vindflödet. Det översta exemplet (A) visar en plantering där krontaket dominerar vilket resulterar i att vinden får fri framfart både ovanför trädens kronor, och genom stammarna. Exempel B visar en ridå där ett relativt kompakt fältskikt planteras precis i brynet vilket skapar lä alldeles bakom vindskyddet, men genererar turbulens precis framför. Exempel C visar ett vindskydd där trädkronorna bildar en ojämn profil vilket sänker vindhastigheten men riskerar att skapa mindre vindbyar uppe i kronorna. Det mest optimala vindskyddet för att reducera vindhastigheten även under vintertid är en kombinerad läplantering av både barr- och lövträd där den övre kronkonturen följer en aerodynamisk profil vilket hjälper till att förhindra turbulenseffekter (Gustavsson & Ingelög, 1994).



Figur 23. Läplanteringskontur, artsammansättning och porositet har inverkan på både vindhastigheten och vindflödet (Fritt efter Gustavsson & Ingelög, 1994)

Det värt att nämna att med tanke på att stadskärnor ofta inte ger utrymme till större läplanteringar blir vegetationens främsta uppgift i staden inte att reducera vind. Det krävs större ytor för att kunna sänka vindhastigheten märkbart, och de ytor återfinns sällan i stadskärnan. Vindskydd såsom häckar och trädbälten måste därför designas med förståelse för dess inbördes förhållande med intilliggande byggnader (Erell et al., 2011). Bra exempel på lämplig placering i stadsrummet är till exempel längs rekreativstråk och i stadens utkant. Dock är det viktigt att ta trygghetsaspekten i beaktning och inte placera två vegetationsridåer på vardera sida stråk och gångvägar då besökaren lätt kan känna sig trängd och otrygg i sådana situationer.

Att konstruera effektiva vindskydd i gatumiljöer är betydligt svårare på grund av det begränsade utrymmet. Det gäller därför att rikta in sig på strategiska platser där man antingen kan bromsa upp vindflödet, eller gynna en mer balanserad ventilation i situationer då luftföroreningar är ett problem. Det är också viktigt att hela tiden ha vindens cirkulationsmönster i åtanke för att undvika att höga koncentrationer föroreningar bildas på specifika platser vilket kan bli direkt ohälsosamt. Avståndet mellan huskropp och vegetationen är också en viktig aspekt för att uppnå bästa möjliga resultat. Exempel A i figur 24 nedan visar ett gaturum med homogena byggnader och enkla trädrader, som når upp till byggnadernas takfot, där vinden kommer in vinkelrätt mot fasaden, vilket gör att luftföroreningar samlas på läsidan av gatan. Exempel B visar en liknande situation fast här är bebyggelsen koncentrerad till ena sidan av gaturummet vilket gör det lättare för luftföroreningarna att skingras från vakområdet. Exempel C och D illustrerar hur vegetationens och byggnadernas höjd spelar stor roll i stadsdalen. Situation C har bebyggelse av varierad höjd som generellt sett är högre än vegetationen. I sådana situationer stimuleras luftföroreningarna betydligt mer jämfört med situation D som har en mer homogen byggnadshöjd vilket i sig riskerar en ökad vindhastighet, men med vegetation som når över takåsarna skapas ett lugnare vindflöde i stadsdalen, och luftföroreningarna kan fångas upp av vegetationen innan de når ner till markytan (Kjellström, 2008).



Figur 24. Läplanteringar i stadsdalen - hur de påverkar vindflödet och luftföroreningshalten i stadsdalen (Fritt efter Kjellström, 2008)

Men, läplanteringar skyddar inte bara mot vinden. Det hjälper också till att fånga upp luftburna partiklar som sprids med vinden, de ger skugga och avskärmning och genom att anlägga vindskyddsplanteringar i stadskärnan kan vi minska kalluftstillströmningen till byggnader, och därmed sänka uppvärmningskostnaderna med 5-10%. Med rätt placering och vinkling av byggnader med hänsyn till vindriktningen kan vi styra partiklar upp över tätorten (Oke, 1987 & Erell et al., 2011).

I vårt nordiska klimat bidrar läplanteringar även med att hindra snödrift under vintern som nämnts ovan. Snö samlas lätt vid vindskyddet vilket betyder att planteringens bredd och täthet är viktig även i detta avseende. Det är också viktigt att placera vindskydden på lämpligt avstånd, och i lämplig vinkel för att hindra snödrivorna från att ansamlas på olämpliga platser. Genom att styra snön till platser där den är en tillgång skapas möjligheter för t ex barn att leka och åka pulka (Lindholm et al., 1988).

ANDRA VINDREDUCERANDE FAKTORER

En arkitektonisk utformning som följer en strömlinjeformad kontur bidrar med mindre turbulenta vindrörelser än i bebyggelse med kantiga hörn och skarpa vinklar. Detta är dock viktigt att anpassa efter rådande terrängförhållanden då byggnader i sluttande terräng riskerar att bromsa upp nedåtfallande kalluft vilket skapar köldfickor längs byggnaden, och en bit upp i sluttningen (Sjöman & Slagstedt, 2015). Slingrande gator finfördelar istället vinden och skapar ett mjukt hinder vilket minskar den avkylande effekten på byggnader och omgivning. Jämnhöga byggnader, placerade på korta avstånd med vegetation som sticker upp ovanför takåsarna skapar vindskyddade miljöer på gatorna mellan husraderna då vinden styrs upp, ovanför bebyggelsen. I en stadsstruktur som består av byggnader med oregelbundna höjder fångas vinden lätt upp av de uppstickande byggnaderna, och förs ner i stadsdalen. Effekten ökar ju högre och bredare en byggnad är vilket betyder att fristående höghus riskerar att generera starka vindar vid markytan (Oke, 1987). Avrundade och brutna hörn bidrar också till att luftflödet blir jämnare.

I varmare klimat är rutnätsplanen ett värdefullt planeringsverktyg då den reglerar vinden, skingrar luftföroreningar och därigenom dämpar effekterna av urbana värmeöar. New York, Mexico City och Beijing är klassiska exempel på städer uppbyggda enligt rutnätsprincipen, men det finns också ett flertal svenska städer med rutnätet som grundmönster. Flera nya stadsutvecklingsprojekt som Hammarby Sjöstad i Stockholm, delar av västra hamnen i Malmö samt Lomma Hamn är bra exempel på detta. Nya stadsdelar uppbyggda efter rutnätsprincipen ligger ofta i kustnära lägen där starka vindar från havet dominerar vilket gör att rutnätet fungerar mindre bra ur vindsynpunkt då raka gator och strukturer leder till att vindhastigheten ökar och att vinden upplevs mer besvärande. Bo01 som är en del av Västra Hamnen i Malmö är dock uppbyggt efter ett oregelbundet rutnät där kvarteren ligger omlott vilket finfördelar och reducerar vinden och gör därför att den inte blir lika påtaglig (Sjöman & Slagstedt, 2015).

• sammanfattning designteori - vind •

Byggnader som är dubbelt så höga, eller mer än 15 meter högre än byggnaderna i dess direkta omgivning orsakar vindrelaterat obehag, då nedåtgående luftströmmar av höga vindhastigheter uppstår när vinden bromsas upp av den höga byggnaden. Sådana skillnader i byggnadshöjder bör därför undvikas. Om det inte är möjligt bör den högre byggnadens långsida placeras parallell till den rådande vindriktningen, så att frontalvirvlar och hörnströmmar minimeras.

Rutter ämnade för fotgängare eller cyklister bör inte korsa områden med frontalvirvlar och/eller hörnströmmar vid höga byggnader, och ytor avsedda för vistelse; torg, parker, busshållplatser etc. bör inte heller placeras i dessa områden.

Det går att utforma höghus utan för mycket besvär; mär alla byggnader är av mer eller mindre samma höjd och placeras på ett avstånd av <0.7 byggnadshöjder från varandra, kommer ett *skimming flow regime*-vindflöde att uppstå, vilket förhindrar uppkomsten av nedåtströmmande vindar med höga vindhastigheter.

Vinkelräta gator, och andra utemiljöer, i gatunät som ligger i linje med rådande vindriktning får bra skydd från vinden, men de riskerar att drabbas av tvärflöden vilket kan orsaka obehag. Gatunät som ligger i vinkel mot vinden får ett jämnare vindmönster. Gatukorsningar och andra öppningar i stadsdalen eller parallella byggnader bör placeras i linje med rådande vindriktning för att förhindra tvärgående vindflöden.

Gator som löper parallellt med rådande vindriktning bör inte kopplas direkt till stora öppna ytor, så som landsbygd, sjöar, floder etc. Om detta inte går att undvika bör gatorna hållas korta eller ha korsningar med korta mellanrum, för att dela upp vindflödet.

Kvadratiska, relativt små, slutna ytor ger mest skydd mot vinden eftersom hörnströmmar, frontalvirvlar och tvärflöden hindras.

En kombination av träd och buskar på den sydvästra sidan av stora öppna platser ger vindsydd och skugga under seneftermiddagen.

DESIGNSTRATEGI 2 - SOLSTRÄLNING

Ett av de mest effektiva sätten att minska de negativa effekterna från urbana värmeöar och den globala uppvärmningen är att bevara, men också att utveckla stadens vegetation och grönområden (Haaland & Konijnendijk van den Bosch, 2015). Träd, buskar, markbeläggning, gröna tak och vertikala grönytor hjälper till att reducera kortvågig strålning och reflektion från väggar, tak och andra hårdgjorda ytor, de lindrar effekterna från den urbana värmeön, och minskar behovet av luftkonditionering. Extra viktigt är stadens trädbestånd, då det kan sänka både mark- och lufttemperaturen genom beskuggning och avkylning genom evapotranspiration. Ett nytillskott av träd i stadskärnan bidrar till att mildra den temperaturökning som förväntas inträffa i samband med de globala klimatförändringarna (Sjöman & Slagstedt, 2015 & Erell et al., 2011).

För att råda bot på eventuella problem med den ökade evapotranspirationen och den mer omfattande vätskeomsättningen som riskerar att uppstå i samband med den urbana värmeö-effekten i våra nordiska länder, är det viktigt att skapa förståelse för hur olika material alstrar värme, vilket påverkar växtmiljön och utifrån det kunna skapa goda odlingsmiljöer. Tekniskt sett går detta att åtgärda i hårdgjorda miljöer genom att plantera väl tilltagna växtbäddar och använda sig av en markuppbyggnad som ger träden goda möjligheter till att finna vatten. Ett bra alternativ är att använda platsens system för lokalt omhändertagande av dagvatten, LOD, och låta regnvattnet som hamnar på tak och andra hårdgjorda ytor ledas ner till trädplanteringarna (Sjöman & Slagstedt, 2015). Precis som att träd i urbana landskap påverkas av solstrålning och den totala värmestrålningen från omkringliggande material och ytor, kan träden i sig påverka mikroklimatet i dess omgivning då de har en stor avkylande förmåga genom skuggning och evapotranspiration. Men, skuggning och soltillgång kan också kopplas till en byggnads energianvändning då den passiva solvärmens under vintern kan ha stor betydelse (Givoni, 1998). Arter som kastar långa skuggor på byggnader riskerar att få en negativ inverkan på värmehushållningen vilket gör det extra viktigt att studera grenstrukturen hos lövfällande träd (Givoni, 1998). Träd som planteras med syfte att beskugga fasader under sommaren får bäst effekt om de placeras öster eller väster om huskroppen. Den södra sidan av en byggnad i södra Sverige kommer aldrig beskuggas av ett träd som står söder om byggnaden med tanke på instrålningsvinkeln. Skuggans längd är också viktigt att ha i beaktning vid planering. Generellt sett blir skuggorna längre i de norra delarna av Sverige än i de södra delarna, på grund av solens läge på himlen, men de skiljer sig även åt mellan årstiderna (också på grund av att solens läge på himlen ändras under året). I trånga, offentliga utrymmen som torg och uteserveringar är det lämpligt att använda sig av trädarter med sen bladutveckling och tidig bladfällning för att inte blockera de första solstrålarna på våren. Det är därför viktigt att inte bara planera beskuggning utifrån sommarhalvåret då bladmassan har stor inverkan på luft- och marktemperaturen, utan att också tänka på hur trädets höjd och kronuppbyggnad påverkar under vinterhalvåret.



Bild 5. Vegetationen skapar skugga på trottoaren men tillåter en del av solstrålarna att leta sig ner till marknivå.
Foto: Anna Davéus, Berlin 2016

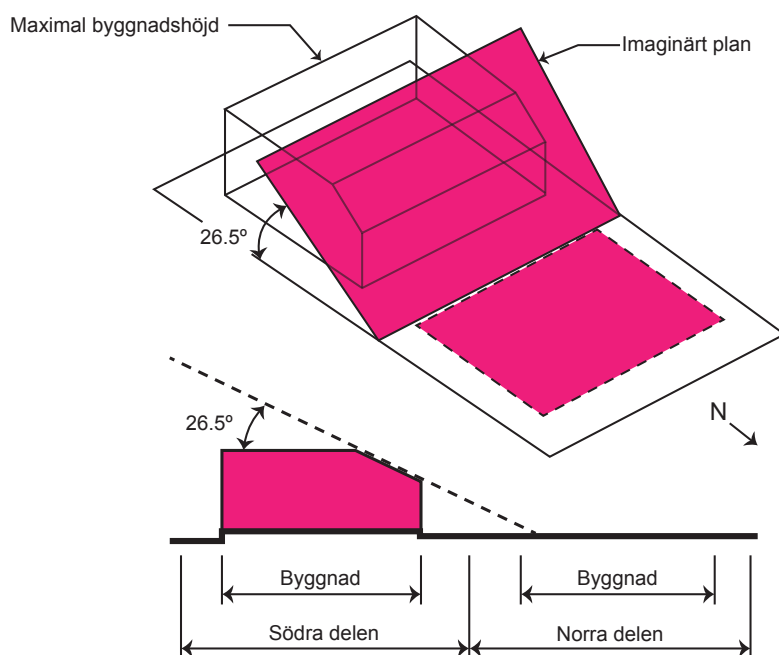
Träd och klättrväxter används ofta som solskydd både för byggnader och för offentliga miljöer. I kalla och tempererade klimat är många träd lövfällande, vilket är en egenskap som anses vara en av de mest attraktiva hos växter som skuggande element: de ger skugga på sommaren, när det är önskvärt, och faller bladen på hösten för att

låta solljuset tränga igenom. Detta 'idealbeteende' kan emellertid inte alltid observeras i praktiken, av flera skäl: för det första ger träden inte alltid skugga precis där det önskas, för det andra sammanfaller inte alltid perioden då arterna fäller sina löv med säsongen på en given plats. För det tredje kan trädens grenar fortfarande kasta viss skugga på marken, eller åtminstone hindra solens strålar, även när löven har fallit. Slutligen kan träden inte manipuleras för att ge skugga i övergången mellan årstiderna (Erell et al., 2011). Dessa begränsningar diskuteras mer ingående i kommande avsnitt.

Graden av solexponering är en av de mest kontrollerbara faktorerna när det kommer till mikroklimatkomponenterna. Öppna ytor, såsom parker och torg är ofta mer utsatta för solstrålning jämfört med gator och halvöppna ytor, och skuggningen i parker och torg begränsas ofta till små fläckar.

Solexponering, eller tillgång till sol, är en viktig förutsättning för passiv solvärme i byggnader, så viktigt att konceptet ibland refereras till som *solrättigheter*, vilka kan definieras som en garanti för direkt solljus under en förutbestämd period, vanligtvis flera timmar varje dag under vintern. De byggnadsytor som är i störst behov av solljus är ofta vertikala och vända mot ekvatorn; söderläge på norra halvklotet, och norrläge på södra halvklotet. Men, solceller och solfångare för varmvatten, vanligtvis placerade på tak, kräver noggranna mätningar och undersökningar av de omkringliggande, skuggande strukturerna.

Figur 25 visar hur man använt sig av 'kuvertplan' för att främja passiv uppvärmning av byggnader i ett kvarter i Israel. Tanken är att ingen del av byggnaden på södra delen får skjuta ut över det begränsande planet, vilket dras från marknivå vid den bakre linjen av den norra delen. Vinkeln av det begränsande planet vilket definierar kuvertplanet som i det här fallet är designat för att möjliggöra obehindrad soltillgång mellan klockan 09.00 och 15.00 under vintersolståndet, vilket säkerställer maximal exponering året runt (Erell et al., 2011). Genom att anpassa takfall mot norrsidan och höjden av byggnader till årets skiftande solvinklar undviker man till exempel alltför kraftiga slagskuggor och köldfickor nere på markplan (Sjöman & Slagstedt, 2015).



Figur 25. Ett enkelt 'kuvertplan' som garanterar byggnadens soltillgång, definierat av ett imaginärt lutande plan. Ingen del av den intilliggande byggnaden får projicera över planet (Fritt efter Erell et al., 2011)

Som diskuterat i avsnitt 5.1.2 beror den mänskliga termiska komforten lika mycket på den mängd strålning en fotgängare utsätts för, som på lufttemperaturen. Även om vår förmåga att kontrollera lufttemperaturen är väldigt begränsad är det relativt enkelt att kontrollera exponeringen mot solen, åtminstone konceptuellt. Solens position för en given punkt vid ett givet klockslag går att beräkna med hjälp av något av de många datorprogram som finns tillgängliga, och de flesta designprogrammen möjliggör också skuggstudier av byggnader eller särskilda solskydd. Problemet ligger i att fatta lämpliga beslut om solexponering på var och en av flera nivåer i designprocessen.

Nämnvärt är dock att de strategier som möjliggör skugga genom att begränsa bredden på en gata är relativt grova verktyg: skugga kan också åstadkommas genom att plantera träd längs trottoarer, eller med hjälp av arkader integrerade på gatunivå i intilliggande bebyggelse. Det senare kan till och med vara att föredra med tanke på subsidiaritetsprincipen (huruvida beslut ska fattas på EU-nivå eller inom medlemslandet), men det finns ett par nackdelar med tillvägagångssättet (Erell et al., 2011):

- Det innebär högre kostnader. En smalare gata kan ofta skapa skugga på tillhörande gata, medan en bredare kräver ytterligare utlägg för att ge skugga.
- Det kräver tillägg av särskilda element som inte är väsentliga för huvuddesignen vilket kan leda till att de inte genomförs, särskilt om det uppstår budgetbegränsningar under konstruktionsfasen.
- Det tillåter anpassning av design som kanske inte är optimal i första fasen, om det antas att situationen kan åtgärdas vid ett senare tillfälle.

Initialt måste beslut fattas gällande under vilken period solexponering är önskvärt, därefter bör geografiska begränsningar fastställas för att hindra intilliggande byggnader från att kasta skuggor på angränsande gator dit man vill att solen ska nå. I situationer med rätvinkliga stadsdalar kan begränsningen utformas som ett lutande plan i lämplig vinkel mot horisonten (likt figur 25 på föregående sida). Men, stadsdalar har ofta oregelbundna former då de består av gator, torg och byggnader med olika proportioner och orienteringar. Detta innebär att ett kuvertplan som ska etableras efter förutbestämda exponeringskriterier endast kan beräknas med hjälp av en dator.

Takform har också stor betydelse när det kommer till storleken av den bestrålade gatuytan. Stadsdalar med öst-västliga gator bör ha byggnader med pulpettak då detta ger högre avkastning än platta- och sadeltak under de kallare årstiderna, vilket innebär ett behagligare klimat i utomhusmiljöer under dessa säsonger. Pulpettak förser gaturummet med skugga på morgonen och sena kvällar under sommaren, men platta tak ger något mer skugga under dagen. I raviner med nord-sydliga gator ger sadeltak bäst skugga på morgonen, medan pulpettak skuggar mer på eftermiddagen (van Esch et al., 2012).

Markbeläggningens termiska egenskaper har stor påverkan på temperaturen, och därmed även på energiflödet vid markytan. Asfalt har till exempel lägre värmeledningsförmåga än betong vilket gör att den, om man tar hänsyn till färgskillnaden, blir betydligt varmare

när solen står på. Högre temperaturer under dagen bidrar till större utsläpp av långvågig strålning och en större förlust av kännbar värme: en fotgängare som går på en asfaltsyta exponeras för både högre lufttemperatur och för större långvågig strålningsbelastning än en fotgängare på en jämförbar yta av betong. Omvänt innebär detta att en asfaltsyta kyls av betydligt snabbare under natten än en betongyta. Den genomsnittliga lufttemperaturen i en stadsdal kan kontrolleras, och sänkas genom att till exempel använda sig av gult tegel istället för asfalt eller betongplattor vid anläggning av trottoarer och andra fotgängarytor. Gult tegel har nämligen lägre albedo än t ex. asfalt och betong, vilket innebär att det inte reflekterar strålning, samtidigt är det ett poröst material med låg värmelagringsförmåga (Takebayashi & Moriyama, 2007).

Byggnader i de varmare områdena kring Medelhavet är ofta vitkalkade för att minska upptaget av strålningsenergi under dagen, i syfte att sänka fasadtemperaturen. Samma strategi har föreslagits för att minska den konvektiva värmeöverföringen från trottoarer och byggnader till luften, även om lufttemperaturen i luften nära ytan också påverkas av andra faktorer. Som nämnts tidigare har färg och material stor betydelse för temperaturen i en stad, både den vid ytan och lufttemperaturen. Solida ytor har högre medeltemperatur än den omgivande luften under dagtid, men nattetid är ytorna i stort sett alltid svalare. Detta beror på värmelagringsförmågan hos materialen och i den mån de avger värme under natten. Vissa material kan till och med vara upp till 6 grader svalare än dess omgivande luft under natten. Skillnaden i medeltemperatur hos vit marmor, som är ett av de svalare materialen, och svart asfalt, som är ett av de varmaste, kan dagtid vara upp till 22°C (Erell et al., 2011).

Fördelen med att minska absorptionen av solstrålning genom att aktivt välja beläggningsmaterial, vilket resulterar i lägre yttemperaturer, kompenseras till viss del av effekterna av ökad reflektion. Högre reflekterande ytor, såsom vitkalkad puts riskerar dock att skapa en något obehaglig visuell miljö då de lätt bländar människorna i dess omgivning. Dessutom bidrar solstrålningen som reflekteras från trottoaren och väggarna till den totala strålningsbelastningen på fotgängarna i området. Således måste fördelarna från den något lägre lufttemperaturen och den reducerade infrastrålningen från markytan bedömas mot bakgrund av den totala energibalansen för en fotgängare (Erell et al., 2011).

Takmaterialen i en stadsdal har också stor möjlighet att påverka klimatet. Takytans albedo må ha mindre påverkan på lufttemperaturen i trädkroneskiktet än markbeläggningens egenskaper då den 'endast' påverkar värmeöverföringen ovanför taknivån, men eftersom den påverkar byggnadens totala energiprestanda ingår den ändå i ett viktigt kretslopp (Erell et al., 2011). Den mest självklara strategin i varma klimat är att använda ljusa takmaterial och färger, men, produktionen av våglängdsselektiva beläggningar har nått stora framsteg i att ta fram nya färger i mörkare spektrum, som ändå bibehåller ett lågt albedo. Dessa 'kalla beläggningar' kan reducera temperaturen på takmaterial med mellan 1.5 och 10°C (De et al., 2013).

De termiska egenskaperna hos urbana ytor, däribland takmaterial, har stor effekt på stadens klimat som helhet: om takens albedo modifieras på en stor del av stadskärnans tak, kan den kumulativa effekten få betydande påverkan på stadsklimatet. En stads albedo varierar oftast mellan 0.1 och 0.2, med ett medelvärde på 0.14 för stadskärnan, vilket tyder på att det finns stor potential för avkylning - förutsatt att en storskalig applicering av högalbedoytor faktiskt kan uppnås. Omfattningen av den möjliga modifieringen beror till stor del på proportionen hårdgjorda ytor, till exempel tak, gator och andra stenlagda ytor, mot stadskärnans totala storlek (Erell et al., 2011 & Pijpers-van Esch, 2015). Ytegenskaper hos olika material påverkar inte bara den utvändiga lufttemperaturen, de påverkar också byggnadernas behov av ventilation; *direkt* genom yttemperaturen i klimatskalet, och *indirekt* genom sin påverkan på den omgivande luftens temperatur. Att höja albedot på en takyta från 0.2 till 0.6 kan resultera i en minskning av takets yttemperatur med upp till 25°C under en varm sommardag. Reflektiva takmaterial är således också väldigt effektiva när det kommer till att sänka en byggnads energianvändning (Pijpers-van Esch, 2015).

• sammanfattning designteori - solstrålning •

Att minimera exploateringstalet kommer att maximera potentialen för direkt solstrålning.

Funktioner med högre uppvärmningsbehov, eller behov av värme, bör placeras ovanpå de med lägre behov.

Vävnader med byggnader vända mot söder, längs en öst-västlig gata, är att föredra eftersom det innebär störst uppvärmning under våren, och minst under sommaren, vilket gör den med fördelaktig för utvändig termisk komfort.

Gator i öst-västlig riktning bör vara bredare än de i nord-sydlig riktning eftersom att H/B-relationens påverkan på den direkta strålningen är störst i öst-västliga gator, och minst för nord-sydliga.

Byggnader i vävnader med låg BYA bör placeras på längre avstånd för att möjliggöra direkt solstrålning mot fasaderna.
I områden med högre MTI utgör taken de främsta strålningsytorna, vilket gör att avståndet mellan byggnader, och gaturummets bredd, inte spelar lika stor roll.

Torg, innergårdar, trädgårdar och andra slutna utemiljöer avsedda för vistelse (sitta, stå, vänta etc.) bör vara rektangulära i nord-sydlig riktning och ha ett H/B-värde av 1/4 eller mindre för att möjliggöra direkt solexponering under vintern. Solskydd bör tillhandahållas på sommaren.

I tätta stadsmiljöer bör områden med höga SVF-värden (himmelsfaktor), såsom torg och parker med glesa trädkronor, placeras med jämna mellanrum av ca 2 meter för att minska den långvägiga strålningsförlusten under natten, framförallt på sommaren. För att undvika överhettning bör flexibel skuggning användas i dessa områden under dagtid.

Byggnader längs öst-västliga gator bör ha pulpettak, med den högsta fasaden i söderläge, då detta gynnar soltillgången både utvändigt och invändigt.

Beläggningar med relativt låg termisk admittans och hög albedo begränsar mängden lagrad värme.

Högre reflekterande byggnader, fasadmaterial och ljusa fasader lagrar mindre värme i byggnaden, men de kan öka strålningen mot gatuytan. Material bör därför väljas med hänsyn till risken för bländning.
Reflekterande takmaterial resulterar också i att relativt lite värme lagras.

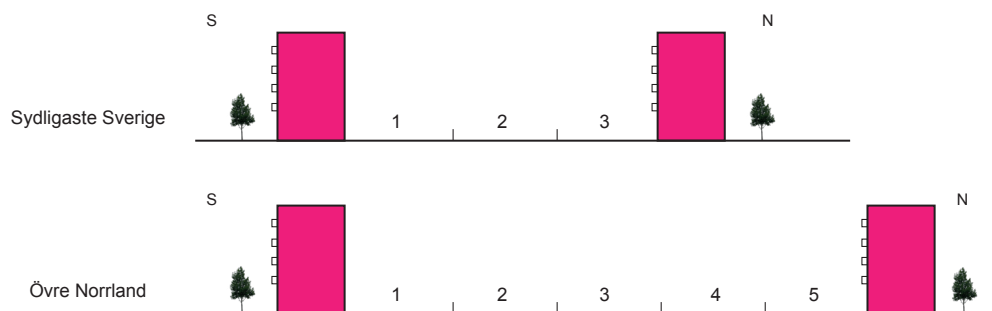
Gröna fasader och väggar längs tungt trafikerade gator filtrerar luften, och minskar ljudnivån genom absorption, förutsatt att de anläggs som ett levande väggssystem. De kan också ge en kylande effekt genom avdunstning vilket är en fördel då tungt trafikerade vägar ofta är av asfalt.

Gröna fasader i (syd-)västläge ger en kylande effekt genom skuggning och evapotranspiration när det behövs som mest, och minimerar infiltrationsförlusterna från byggnaderna.

Små grönytor på korta avstånd; pocket parks eller trädgårdar på ungefär 100 m² med 200 m mellanrum, som består av välbevattnade gräsytor i kombination med träd bildar ett nätverk av kylande park-öar som kyla ner hela den urbana vävnaden i dess omgivning.
Stora grönytor med H/B-värden <6 på längre avstånd (ca 1 km) med glesa lövkronor bildar ett nätverk av kylande park-öar på natten, vilket ger nattlig kyla till stora delar av dess omgivning.

DESIGNSTRATEGI 3 - DAGSLJUS

Detsom främst påverkar dagsljuset i tätastäder är byggnadsvolymer. Höga byggnader hindrar solstrålarna från att ta sig ner till marknivå samtidigt som de kastar långa skuggor på marken. Skuggor från byggnader av samma höjd är olika långa i olika delar av landet vilket gör det viktigt att tänka på att avståndet mellan byggnader måste vara olika långt beroende på om byggnaden planeras i norr eller i söder. Tätt intilliggande huskroppar av hög höjd bör därför undvikas i landets norra delar, se figur 26.



Figur 26. Illustrationen visar rekommenderat antal hushöjder som bör räknas in mellan byggnaderna för att förse utemiljöerna med tillräckligt mycket solljus. Den övre illustrationen antyder att det behövs ett avstånd på tre hushöjder i sydligaste Sverige, medan den nedre illustrerar ett behov av fem hushöjder i övre Norrland. (Fritt efter Svensson & Eliasson, 1999)

Det är också viktigt att se över placering, och orientering av huskroppar: att planera byggnader i nord-sydlig riktning skapar bättre förutsättningar för soltillgång mellan byggnaderna, vilket möjliggör uteplatser i öst-västliga lägen, däremot leder det till att skuggor uppstår betydligt tidigare på dagen.

Byggnadsvolymer har också möjlighet att påverka mängden dagsljus i inomhusmiljöer, och därför är det också viktigt att se över byggnadsdjupet vid planering och konstruktion. I djupa byggnader når inte solstrålarna in till utrymmena i mitten vilket höjer kravet på belysning. Bottenvåningarna bör därför förses med större fönster än övriga våningsplan i syfte att möjliggöra så mycket dagsljusinsläpp som möjligt. De verksamheter och aktiviteter som har lägst krav på dagsljus bör placeras på de undre våningarna, medan funktioner med högre dagsljuskrav, såsom kontor och bostäder bör placeras högre upp i byggnaden. Genom att variera byggnadshöjden på bebyggelsen möjliggör vi maximal solstrålning i täta städer (Pijpers-van Esch, 2015).

Som nämnt i designstrategin för solstrålning har vegetationen också stor möjlighet att påverka skuggning. Vårt svenska klimat skapar relativt svåra förhållanden då vi under sommaren behöver beskuggning på utsatta platser, samtidigt som vi, ofta dessutom på samma plats behöver soltillgång under vintern. Det är därför viktigt att studera olika arter av lövfällande träd, hur deras grenstrukturer ser ut och hur kronan är uppbyggd när löven fallit (Givoni, 1998). Urban design, och framförallt införlivandet av grönytor i stadsstrukturen kan modifiera mikroklimatet i de berörda områdena, men också i omgivande miljöer. Generellt sett resulterar tillgången på vatten och den därtill relaterade avdunstningen i lägre ytemperaturer. En nyvattnad gräsmatta kommer därför att vara svalare under dagen än en liknande gräsmatta där det råder brist på vatten. Men, vegetationens möjlighet att påverka är komplicerad och varierar beroende på typ av växt, meteorologiska förhållanden, och tid på dygnet. Under vissa förutsättningar kan en stadspark till och med vara något varmare än den omgivande bebyggelsen (Erell et al., 2011).

• sammanfattning designteori - dagsljus •

Att minimera bruttoarean (exploateringsgraden) maximerar potentialen för naturellt dagsljus.

Vävnader med låg BYA har bättre dagsljusprestanda än vävnader med höga värden vilket betyder att höga och smala byggnader placerade på längre avstånd är att föredra då de presterar bättre än låga, djupa byggnader på korta avstånd. Effekten ökar i takt med att BYA ökar, och minskar med ökande densitet.

Funktioner med högst dagsljuskrav bör placeras i lägen med högsta tillgänglighet till dagsljus, t ex. på de övre våningarna av en byggnad.

Stora gårdar, torg och andra slutna rum har stor potential för inomhusdagsljus.

Byggnadsdjupet bör minimeras för att maximera dagsljusinsläppet till inomhusmiljöer.

Skillnader i byggnadshöjd ökar de genomsnittliga och maximala dagsljusfaktorerna.

I stadsdalar med höga H/B-värden bör material och färger med hög albedo användas i syfte att maximera reflektion. Detta är viktigast i öst/västliga stadsdalar (med byggnader i nord/sydlig riktning) då de överskuggas under vintern.

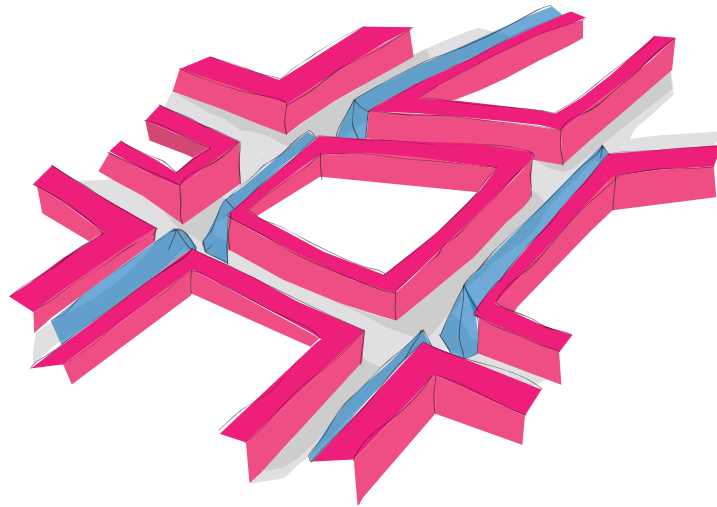
Vägar och andra ytor täckta med lågt albedo eller material med hög termisk admittans, t ex. asfalt, bör skuggas i så stor utsträckning som möjligt, framförallt under sommarhalvåret. Ett alternativ till detta kan vara att använda ytorna till solpaneler.

Lövträd på norra sidan av en öst-västgående gata, eller på östra sidan av en gata som löper norr-söder, ger dels skugga till de fasader som behöver det mest, men också extra skugga till gatan under sommaren, samtidigt som de ger tillgång till sol under vintern då löven fallit.

DESIGNSTRATEGI 4 - LJUD

Ljudet i en stadsdal består av flera element, men den störst bidragande faktorn är trafiken. Genom att maximera avståndet till ljudkällan kan vi lätt minimera ljudnivån på en utvald plats. Men detta kan vara svårt att kontrollera som stadsplanerare eller arkitekt, framförallt i täta städer. Därför måste vi istället fokusera på att skärma av ljudet genom att bygga bullerbarriärer i form av vallar, byggnader, vegetationsbälten etc., för att skapa skyddade områden. Ett ganska extremt alternativ är då att bygga bilfria kvarter, 'omringade' av "dikesbyggnader" - byggnader som byggs i diken för att absorbera ljud. De öppna ytorna mellan dessa byggnader, dalarna, bildar ett nätverk av trafikerade vägar vilket innebär att bullerkänsliga funktioner och verksamheter inte bör placeras här. Istället kan man placera magasin, kontor eller butiker i 'barriärbyggnaderna'. Men, det är ändå viktigt att byggnaderna är beboeliga ur samhällssynpunkt vilket går att uppnå genom att låta uppföra atrium eller en sekundär, utanpåliggande fasad på den exponerade fasaden, se figur 27 (de Ruiter, 2004). Den extra fasaden dämpar ljudnivån vilket gör att även ljudkänsliga verksamheter kan inrymmas i dessa byggnader. De bidrar också till att ljudnivån på innergårdarna sänks.

När det inte går att begränsa eller utesluta trafiken är det viktigt att jobba med avskärmningar, framförallt på kvartersnivå. De yttre, eller omgivande delarna av ett kvarter är framförallt lämpade för detta eftersom innergårdarna då blir skyddade. Slutna gårdar bidrar också till att skapa andra ljudlandskap än öppna kvarter, där ljudet kan sprida sig mellan byggnaderna på ett annat sätt.



Figur 27. Ett nätverk av stadsdalar med sekundära, utanpåliggande fasader och atrium (ritade i blått) ger innergårdar med lägre ljudnivåer (Fritt efter de Ruiter, 2004).

Gällande bebyggelsestrukturen bör långa, enformiga fasader undvikas då ljudet reflekteras i dessa, och förstärks. Öppningar och gatukorsningar bidrar till att sänka ljudnivån då ljudvågorna, genom diffraktion kan ljudvågorna 'böja sig' runt husknutarna och absorberas av omgivande miljöer.

Det går också att sänka ljudnivån med olika typer av avskärmningar vilka presenteras i figur 28. Beroende på hur gaturummet är utformat, och vilken typ av ljudvågor man vill undvika



Figur 28. Fiktiv utveckling av en akustisk stadsdal - buller kan reduceras med hjälp av olika typer av avskärmningar (Fritt efter de Ruiter, 2004)

Ett annat alternativ är att öka absorptionen och den diffusa reflektionen av olika material. Effekten blir inte lika stor som när man ökar avståndet eller skärmar av, men det kan fortfarande ha betydande inverkan på ljudnivån och eko. Absorption och reflektion bestäms till stor del av materia och arkitektur, två aspekter som vidare kan bidra till dämpade ljudnivåer, eller i alla fall upplevs de lägre, då de kan resultera i döljande, eller maskerande ljud såsom prasslande löv, fågelsång, eller porlande vatten, vilka får oss att rikta vår uppmärksamhet mot något annat än buller eller höga ljudnivåer.

• sammanfattning designteori - ljud •

Det lämpar sig inte att placera funktioner eller områden som medför betydande störningar, såsom industrier eller tungt trafikerade vägar, i nära anslutning till rekreationsområden, andra betydelsefulla grönområden, eller glesbebyggda bostadsområden. En bra idé är att istället låta affärs-, och handelsområden, eller gröna byfferszoner agera bullerskydd genom att placera dem emellan de två områdena.

Parker eller andra rekreationsområden bör placeras på ett välavvägt avstånd från trafikerade vägar, eftersom trafikbuller anses vara oerhört störande för besökare i grönområden.

På kvartersnivå kan det löna sig att placera ett par större vägar runt kvarteret, för att 'lindra' de mindre vägarna inom kvarteret. Detta leder till att kvarteret i stort får lägre bullernivåer än om vägarna varit jämnt fördelade över hela kvarteret.

Tungt trafikerade vägar bör kantas av en sammanhängande rad av byggnader, med så få öppningar och korsningar som möjligt, för att minimera ljudläckaget till bakomliggande områden. Om byggnaderna utformas med platta och/eller gröna tak hjälper de till att minska diffraktionen över taken ytterligare.

Ljudabsorberande vägmaterial, exempelvis porös asfalt, är att föredra på tungt trafikerade vägar eftersom det reducerar bullerbelastningen på vägen och dess omgivning, även i avskärmade områden.

Sadeltak och pulpettak i olika utföranden, som enda takform, bör undvikas längs trafikerade vägar, om de inte utformas med högabsorberande material.

Slutna, avskärmade utrymmen utan inre ljudkällor, såsom innergårdar, är oftast tysta eftersom att ljud bara kan ta sig in via diffraktion över taken.

Ett avlångt, rektangulärt torg får automatiskt tystare områden än ett kvadratisk torg med sidor av samma längd, och är därför bättre lämpat när man önskar blanda funktioner och verksamheter.

Undvik spegelytor och helglsasde fasade då de ger högre ljudnivåer och längre ekon.

Markbeläggningar med hög ljudabsorption bör användas i trafikerade och livliga områden.

Gröna fasader och väggar längs tungt trafikerade gator filtrerar luften, och minskar ljudnivån genom absorption, förutsatt att de anläggs som ett levande väggssystem. De kan också ge en kylande effekt genom avdunstning vilket är en fördel då tungt trafikerade vägar ofta är av asfalt.

Fontäner kan placeras på offentliga platser, såsom torg och arker, i nära anslutning till trafikerade vägar, för att dölja en del av bullret. Flera fontäner placerade längs kanten av ett offentligt rum skapar ett tystare område, utan brus, i stadskärnan.

DESIGNSTRATEGI 5 - LUFTKVALITET

Träd, och andra typer av vegetation, har länge ansetts vara ett av de främsta verktygen för att begränsa luftföroreningar i staden men som diskuterats tidigare finns det en risk att vissa trädarter, och kombinerade träd- och buskskikt får motsatt effekt och bidrar till ökade luftkvalitetsproblem. Problemet uppstår främst då en vegetationsridå eller ett trädbestånd placerats så att det bromsar upp lufttillströmningen och bidrar därmed till att höja koncentrationen av föroreningar i luften. Detta händer framförallt i rusningstrafik då föroreningshalterna på vissa sträckor når höga värden på grund av att merparten av trafiken står still och går på tomgång vilket gör det viktigt att tänka på den dagliga mängden fordon och trafikens hastighet i kombination med gatans H/B-relation när man planerar in vegetationens uppgift som föroreningereducerande element. Det är också viktigt att skaffa förståelse för de huvudsakliga vindriktningarna som gäller i respektive situation, samt hur detta i kombination med befintlig vegetation och bebyggelsestruktur förändras med årstiderna (Sjöman & Slagstedt, 2015 samt Erell et al., 2011).

Vegetationen bidrar till att reducera luftföroreningarna på flera sätt. Ett av dem är genom *stomata* då bladens klyvöppning tar upp en del föroreningar när bladen öppnas och stängs. Föroreningarna kan också 'fastna' och lagras på bladytorna. Men vegetationens främst bidragande faktor är förmågan att påverka hur partiklarna fördelas och sprids genom luften vilket till stor del beror på trädets bredd, höjd och strukturella uppbyggnad, men det finns inga konkreta fakta som pekar på vilka arter som är bättre eller sämre på detta. Vad som däremot är bevisat är att partiklar har större tendens att fastna på vissa arter buskar och träd vilket kopplas till bladens storlek, form och behåring (Beckett et al., 2000). Något som också är bevisat, och som knyter an till det som tidigare diskuterats gällande luftföroreningshalten på lä- respektive lovartsidan av en stadsdal, är att halten på läsidan är betydligt högre i en stadsdal med ett trädkantat gatustråk än på en gata utan vegetation. Detta tyder på att träd, framförallt arter med kompakta blad- och grenverk samlar föroreningarna på läsidan vilket inte alltid är önskvärt. Trädarter med kompakta blad- och grenverk bör därför undvikas, framförallt i den kompakta staden, och i områden med starka vindflöden (Sjöman & Slagstedt, 2015).

Bra luftkvalitet i stadskärnan kan uppnås genom att tillämpa en övergripande strategi vilken inrymmer flera komponenter varav endast ett par påverkar strukturen i själva staden. En sådan strategi bör generellt sett ha tre huvudområden (Erell et al., 2011):

1. *Minska utsläppen från källor inom staden eller i dess direkta omgivning.* Många av de städer kända för dålig luftkvalitet, såsom London, Essen och Pittsburgh, har nått lyckats bra med att reducera luftburna partiklar genom nedläggning av fasta utsläppskällor såsom fabriker, och genom att driva igenom strängare snormer för bilutsläpp.

2. *Minska exponeringen för utsläpp från källor utanför stadskärnan.* I fuktiga klimat med mycket naturlig vegetation är koncentrationen av aerosoler på landsbygden ofta lägre än i städerna. Däremot kan naturligt damm i torra områden bidra med en betydande del av den totala luftburna partikelmassan. Att kontrollera och styra utsläppen av dammpartiklar från landsbygden kan tyckas vara bortom den mänskliga kapaciteten, men faktum är att den mänskliga verksamheten till stor del är ansvarig för markens tillstånd i de flesta länder.

3. *Tillhandahålla en effektiv ventilationsstrategi för att 'spola bort' föroreningar i den urbana trädkroneskiktet.* När den totala mängden föroreningar minskar krävs strategier för att spola bort de återstående partiklarna och gaserna från det urbana trädkroneskiktet där folk bedriver sina verksamheter och utövar aktiviteter. Effektiv ventilation av stadsgator är därför nödvändig i syfte att minska koncentrationen av förorenade ämnen, och främjas av följande riktlinjer:

- Enformighet i byggnadshöjd samt i stadsdalens bredd och längd bör undvikas. Olikformade byggnader med individuella takhöjder genererar bättre ventilation.
- Lutande tak ökar turbulensen och skapar en starkare vertikal mix i gaturummet jämfört med platta tak, vilket hjälper till att tillhandahålla frisk luft och forsla bort föroreningar från marknivån.
- Bredare stadsdalar bidrar till bättre spridning av luftburna föroreningar. Stadsdalens geometri bör begränsas till tröskelvärde för the skimming flow regime (i avsnitt 4.3.1).
- Stadsdalens längd bör anpassas, och vara så lång eller kort som anses praktiskt för att främja turbulensen genom hörnvirvlarna som uppstår vid gatukorsningarna.
- Om avståndet mellan intilliggande byggnader är stort kan ventilationen förbättras genom att undvika långa, kontinuerliga fasader på gatunivå. Bortforsling av föroreningar kan ske i mellanrummen mellan byggnader förutsatt att de är stora nog.

• sammanfattning designteori - luftkvalitet •

Områden som genererar höga halter föroreningar, så som industrier, hamnar etc., bör placeras i medvind (enligt rådande vindriktning) från bostadsområden.

Områden ämnade för vistelse, torg, busshållplatser etc. bör inte placeras i luftvakar nära tungt trafikerade vägar eller andra starka utsläppskällor eftersom partiklar ackumuleras och fastnar i dessa områden under längre perioder.

Gång- och cykelvägar längs trafikerade vägar bör placeras på medvindssidan, där den rena luften antror stadsdalen från ovan och föroreningshalterna därför är lägre. Gator med motroterande virvlar staplade på varandra utgör ett undantag från regeln; i dessa stadsdalar är halterna som lägst vid läsidan.

Tungt trafikerade vägar och gator bör ha korsningar eller sidogator med korta mellanrum då detta främjar ventilation genom ett starkt vertikalt vindflöde i gator parallellt med vindriktningen i kombination med långsgående och uppåtriktat vindflöde i gator vinkelräta mot vindriktningen.

Tungt trafikerade gator bör utformas som step-up gaturum (läsidans byggnader är lägre än lovartsidans) i situationer med vinkelrätt vindflöde, då denna gestaltning ger de lägsta halterna av föroreningar.

För att uppnå naturlig ventilation i byggnader bör gatunätet dras i vinkel, minst 15°, till den styrande vindriktningen.

Lutande tak, som enda takform, bör undvikas i gaturum med höga halter föroreningar då de minskar ventilationen.

Gröna fasader och väggar längs tungt trafikerade gator filtrerar luften, och minskar ljudnivån genom absorption, förutsatt att de anläggs som ett levande väggsystem. De kan också ge en kylande effekt genom avdunstning vilket är en fördel då tungt trafikerade vägar ofta är av asfalt.

Barrträd och buskar eller annan vintergrönska längs högtrafikerade vägar bidrar med luftfiltrering under hela året.

>REFERENSER KAPITEL 6

Beckett, K.P., Freer-Smith, P. & Taylor, G. 2000. *Effective tree species for local air-quality management*. [online] Journal of Arboriculture 26, s. 12-19 [Tillgänglig http://eprints.soton.ac.uk/159959/1/Effective_Tree_Species.pdf 2016-04-23]

Boverket, 2016. *Rätt tätt - en idéskrift om förtätning av städer och orter*. [online] Boverket, Publikationsservice. Karlskrona. [Tillgänglig <http://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2016/ratt-tatt/> 2016-04-12]

Craul, P.J. 1999. *Urban Soil - Applications and Practices*. Kanada. John Wiley & Sons Inc

de Ruiter, Evert., 2004. *Reclaiming land from urban traffic noise impact zones; the Great Canyon*. Doktorsavhandling vid Delft University of Technology. Zoetermeer, Peutz

De, S., Jana, D., Medda S. K., & De, G. 2013. *Wavelength Selective Antireflective Coatings on Plastics with Hydrophobic Surfaces*. Journal of Industrial and Engineering Chemistry Research, 2013, 52 (23), s. 7737–7745

Deak, J. & Bucht, E. 2011. *Planning for Climate Change: the role of indigenous blue infrastructure, with a case study in Sweden*. Town Planning Review, 86(11). s. 669 ff.

Erell, E., Pearlmuter, D., Williamson, T. 2011. *Urban Microclimate - Designing the Spaces Between Buildings*. Storbritannien. Routledge

Givoni, B. 1998. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York, John Wiley & Sons Inc.

Gustavsson, R., Ingelög, T. 1994. *Det nya landskapet - Kunskap och idéer om naturvård, skogsodling och plantering i kulturbbyggd*. Jönköping. Skogsstyrelsen

Haaland, C., Konijnendijk van den Bosch, C. 2015. *Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review*. [online] Urban Forestry & Urban greening 14 (2915) s. 760-771 [Tillgänglig <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S161886671500103X> 2016-02-18]

Jim, C.Y., 2013. *Sustainable urban greening strategies for compact cities indeveloping and developed economies*. [online] Urban Ecosyst. 16, s. 741–761 [Tillgänglig <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84888359514&origin=inward&txGid=0> 2016-04-29]

Kjellström, L. 2008. *Stadsklimat/Gatuklimat*. [online] Examensarbete vid Institutionen för Stad och Land, Sveriges Lantbruksuniversitet, Ultuna. [Tillgänglig http://ex-epsilon.slu.se/2252/1/Stadsklimat_Gatuklimat.pdf 2014-04-21]

Pijpers-van Esch, M. 2015. *Designing the Urban Microclimate - A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process*; Doktorsavhandling vid Delft University of Technology, Faculty of Architecture and Built Environment, Department of Urbanism, Department of Architectural Engineering + Technology

Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.), 2015. *Träd i urbana landskap*. Lund, Studentlitteratur AB. Kapitel 3, s. 231-322

Svensson, M. & Eliasson, I. 1999. *Lokalklimatet i planeringen; När? Var? Hur?: en sammanställning av fakta hämtade ur litteratur inom ämnesområdet klimatologi*. Rapport/Naturvårdsverket, 5021. Stockholm

Takebayashi, H. & Moriyama, M., 2007. *Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island*. Building and Environment, 42(8), s. 2971-2979

del tre - diskussion

A horizontal dotted line in a vibrant pink color that spans the entire width of the slide, positioned just below the main title.

AVSLUTANDE DISKUSSION

FORTSATT FORSKNING

7. DISKUSSION

Efter att ha studerat urbana mikroklimat och förtätning kan jag nu konstatera att det finns ett tydligt samband mellan de två fenomenen - ju tätare stad, desto mer påtagligt blir mikroklimatet. Idag innebär förtätning nya byggnader i den befintliga bebyggelsen; en utökad bebyggelsemassa med syfte att samla fler människor på en specifik plats. Motsatsen är urban sprawl som innebär stadsutglesning vilket starkt förespråkades på 1900-talet. Det finns stora problem med den här typ av stadsförnyelse; den är ekonomiskt ineffektiv, det krävs hela tiden nya bostadsområden längre bort från centrum vilket också innebär ny infrastruktur, ny el etc. samtidigt som de befintliga bostadsområdena föråldras och behöver underhåll vilket inte är ekonomiskt hållbart. Förtätning är, ur den här aspekten, ett mer effektivt och ekologiskt och ekonomiskt hållbart sätt att bygga bostäder. Men, vi måste använda det vi redan har, och underhålla det!

Risken är dock att förtätningen går över gränsen och att vi tappar kontrollen. I Stockholm finns ett flertal planer som visar områden med 5-6 våningshus men där det färdiga bostadsområdet istället har byggnader med 8-10 våningar, ibland till och med 10-12 våningar. Har vi då fångat de kvaliteter det innebär att bygga stad? Hur tacklar vi den situationen? Bör vi pausa? Kan vi pausa? Vi står inför en kraftig befolkningsökning vilket innebär att vi behöver nya bostäder snabbt! Vi måste fokusera på hur vi förtätar på bästa sätt, och hur vi förtätar för att skapa så gynnsamma offentliga miljöer som möjligt. Bra förtätning handlar mycket om de offentliga rum vi skapar. Vi kan tillföra offentliga rum till de miljöer som saknar dem, men vi är lite för dåliga på det. Tätheten skapar på en del platser trängsel istället för att skapa god närhet mellan människor. Vi tillför inte nya rum utan tvingas använda de stadsrum som finns. Bra förtätning handlar också om att ta större grepp; vi kan inte bara 'trycka ner' enstaka hus i befintlig bebyggelse. Dels blir kostnaderna för höga, dels blir påfrestningen på omgivande miljöer för stor i relation till den förändring som görs. Genom att ta till vara på det vi har och lägga till nya strukturer inom samma områden; fler bostäder och bättre offentliga miljöer får vi färre planförfaranden, kortare handläggningstider och vi kan bygga mer på samma gång vilket, i de flesta fall, är mer ekonomiskt effektivt.

Men, även om vi står inför en befolkningsökning och behöver bygga många nya bostäder på kort tid är det viktigt att tänka på att städer står länge, det är lätt att vi bygger bort oss. Vi kan bygga hur högt som helst (dock inte utan att påverka dagsljuset och solstrålningen i stadsdalen), men en stad har markbehov. Människor behöver grönytor och offentliga rum, men parker och andra grönytor slits och behöver underhåll då de inte klarar trycket från alla människor vilket tyder på att det också finns ett stort behov av nya grönytor. Att bygga park är att bygga stad och det är därför viktigt att planera in nya parker och grönstrukturer redan i tidiga skeden.

Men var går gränsen mellan urban sprawl och förtätning?

Tempot har ökat kraftigt de senaste åren och befolkningmängden i exempelvis Stockholm har, innanför tullarna, exploderat sedan 1990-talet då vi fick en effektivare marknadsmekanism och avsubventionerade byggandet till att istället drivas av bostadsrättsutvecklingen. Det är då markpriserna som styr, vilket innebär att vi bygger på den mest attraktiva marken först. De enda som gynnas av detta är de som har råd att köpa bostadsrätter i attraktiva områden - var ska alla andra bo?

Förtätningen drivs delvis av bostadsbristen men också till stor del av byggherrarna; en marknadsliberal byggsektor som vill bygga bra projekt, och tjäna mycket pengar. Detta gör dem dock inte till stadsbyggare. Det är därför kommunens uppgift att agera garant för de publika platserna och se till att det skapas nya offentliga miljöer vid ny bostadsbebyggelse. Problemet är att kommunerna å ena sidan sitter med ett enormt tryck från politikerna, och å andra sidan med press från exploateringskontoret att sälja marken till rätt pris.

Den täta staden motiveras ofta som ett sätt att 'rädda mark' i stadens periferi från exploatering. Hur stor del mark som faktiskt 'räddas' genom förtätning finns det däremot väldigt lite information om. Stor del av de studier som behandlar den täta staden syftar till bostadsområden, medan industriella och kommersiella områden i det här avseendet verkar tillhöra periferin, utan några som helst begränsningar av rumslighet. Så varför är det huvudsakligen bostadsområden som förtätas medan andra byggnader inte tycks vara under samma tryck att hantera utrymmet mer effektivt. Med tanke på den snabba urbanisering och de stora miljöutmaningar vi står inför, måste vi mer än någonsin sträva mot en mer hållbar stadsutveckling. Konceptet med den täta staden belyser några av de viktigaste aspekterna av detta, men långt ifrån alla - det finns betydligt fler begrepp och utmaningar som också behöver övervägas och belysas, särskilt i förhållande till urbana grönstrukturer. Att göra den täta staden grönare är möjligt till en viss grad, men det kräver noggrann planering och en god kunskapsbas om hur nödvändiga ekosystemtjänster kan tillhandahållas i den täta stadens begränsade grönytor. Förverkligandet av ohållbara stadsdelar som saknar grönytor är svårt att göra ojord, därför måste förtätning ske i samspel med planeringen och impelmenteringen av högkvalitativa grönstrukturer.

Trots att olika städer i olika regioner befinner sig i olika sammanhang med unika förutsättningar gällande densitet, befolkningstillväxt, samhällsförhållanden och planering för urbana grönstrukturer råder samma utmaningar och problem till följd av effekterna av den kompakta stadens tillvägagångssätt och förtättningsprocess vilka bland annat innebär:

- Förluster av offentliga och privata urbana grönområden till följd av förtätning;
- Risk för otillräckliga bestämmelser och allmänna råd gällande grönstrukturer i förtättningsområden;
- Risk att planering av grönstrukturer bortprioriteras i samband med nyexploatering;
- Ovisshet gällande förvaltning och förbättring av grönområden på privata fastigheter.

Dessa kan leda till sämre boendekvalitet i täta bostadsområden, färre rekreationsmöjligheter, förlust av biologisk mångfald ekosystemtjänster, samt brist på sammanhängande grönstrukturer. Även om betydelsen av urbana grönområden för människors välbefinnande och den biologiska mångfalden är kontroversiell, innebär det en stor utmaning att förse täta städer med tillräckliga och välfungerande grönytor i syfte att motverka de risker som beskrivits ovan. I takt med att vi förtätar och bygger nytt finns det en övervägande risk att vi bygger bort gröna ytor, dagvattenbäddar, parkeringsplatser etc. för att lämna plats åt ny bebyggelse, vilket resulterar i att de hårdgjorda ytorna i staden blir fler vilket i sig påverkar mikroklimatet på flera olika sätt. Beroende på den nya bebyggelsens volym och placering, samt val av material och beläggningar får detta olika konsekvenser. Hårdgjorda ytor kan inte ta hand om dagvatten på samma sätt som gröna ytor, och de har större värmelagringsförmåga vilket bidrar till uppkomsten av urbana värme-öar under natten, och de hårdgjorda ytorna bidrar till ökat buller i stadskärnan. En annan aspekt är det faktum att staden blir tätare, det finns alltså mindre andel fria ytor i en tät stad. Mindre plats för luften att röra sig på, vilket isåfall skulle betyda att luftkvaliteten blir sämre, eller rent ut sagt att det blir mindre frisk luft i städerna. Om så är fallet skulle vi behöva kompensera bristen på frisk luft med ökad ventilation av inomhusmiljöer, något som i sin tur påverkar mikroklimatet i utomhusmiljöerna och energikostnaderna.

Att mikroklimatet påverkar människan bevisades i kapitel 5 men frågan är vilken av komponenterna som har störst påverkan på vårt fysiska välbefinnande?

Resultatet av litteraturstudien tyder på att det är dagsljuset då detta inte bara har betydelse för vår utomhusvistelse, utan även för inomhusmiljöer. Under vintern när solen går ner kl 16.00 håller vi oss gärna inomhus under eftermiddagar och kvällar då vi tycker det är för mörkt. Men när våren kommer och solen stannar uppe till 20.00 hittar vi plötsligt livslusten igen, och börjar spendera mer och mer tid utomhus. Detta är givetvis också kopplat till temperaturen, men resultatet i litteraturstudien visar på att dagsljuset spelar större roll. Kylan, eller värmen för den delen, är något vi kan fly undan genom att gå inomhus, men dagsljuset kan vi inte påverka i samma utsträckning. Visst, vi kan tända lampor för att öka belysningen inomhus, men dagsljuset med sitt speciella ljus är svårt att återskapa med artificiellt ljus.

I takt med att staden blir tätare finns det också en risk att de offentliga ytorna vi idag bland annat utnyttjar till sociala aktiviteter, motion, rastning av hundar och transport försvinner. När jordens befolkning växer, och fler väljer att bo i staden, borde dessa ytor istället bli fler. Om det inte längre finns plats för oss att umgås i det offentliga, vart ska vi då umgås? Kommer framtidens förtätning innebära att vi istället utövar fler och fler av våra utomhusaktiviteter inomhus? Eller i konstgjorda utomhusmiljöer?

Att världens befolkning ökar är ett faktum och trenden tyder på att fler och fler vill bo i städerna. Så hur kan vi använda kunskaperna om mikroklimatet för att vid förtätning skapa så gynnsamma miljöer som möjligt? Ett alternativ är att göra som de gjort i Karlshamn (avsnitt 2.1.3), där de byggt radhus ovanpå en befintlig galleria: vi skapar då nya bostäder utan att ny mark tas i anspråk. Risker med att bygga på höjden är dock att byggnaderna blockerar solens strålar från att nå ner i stadsrummet, och att vindriktningen och vindstyrkan påverkas negativt. Detta går dock att undvika genom att placera mindre hus ovanpå de befintliga, eller vid nybyggnation genom att låta de nedersta våningarna 'sticka ut' likt en sockel. Detta skapar naturliga vindflöden utan kastvindar, samtidigt som solens strålar når ner till marknivå.

Genom att fokusera på att bibehålla, utveckla och utöka mängden grönytor i staden kan vi hjälpa klimatet på traven och bidra till ett behagligt stadsklimat. Gröna ytor och vegetationsridåer hjälper till genom att reducera vind, samla upp föroreningar, rena vattnet, och genom evapotranspiration samtidigt som de ger skugga under varma perioder och absorberar ljudvågor vilket minskar buller. De skapar oaser i den annars hårdgjorda staden.

Så, är förtätning en bra och resurseffektiv lösning på bostadsbristen, som dessutom ger sociala vinster, eller utgör den ett hot mot vettiga levnadsvillkor och något som göder både bostadsbubblan och bostadssegregationen? Vi måste tänka på att en stad är mer än bara hus. En stad är ingenting annat än de människor som finns där. Den kreativitet de har, de drömmar, de behov och den skaparkraft de besitter. Utan människorna har vi bara byggnader. Tomma byggnader som är som antikens Rom. Människorna är det som räknas. Vi måste bygga städer som genererar gynnsamma klimat som gynnar människorna. Städer som de trivs och vill vistas i.

FORTSATT FORSKNING

Svårigheten med urbana mikroklimat är att de skiljer sig från stad till stad, och från situation till situation. Det finns ett stort behov av ytterligare analys, utvärdering och diskussion gällande förtätningens effekter på urbana grönsystemer samt sätt att hantera dessa. Genom att erkänna de utmaningar som planering och utveckling av grönområden i kompakta städer, och städer som genomgår förtätning står inför, bör försök göras att lösa problemen snarare än att ignorera dem, eller att förespråka den täta staden som lösningen för hållbar stadsutveckling, framförallt i jämförelse med urban sprawl. En sådan analys kräver inte bara en förnyad och utvecklad diskussion om föreskrifter och allmänna råd för kvantitativa offentliga grönområden, utan också kvalitativa mål. I tillägg till detta bör det rent tekniskt tas fram riktlinjer som främjar användandet av naturlig ventilation. Sådana riktlinjer bör också behandla lokaliseringen av, och avståndet *mellan* byggnader gällande lufttrycksskillnader mellan inlopp och utlopp, samt lokaliseringen av inlopp och utlopp i relation till luftkvaliteten utomhus.

Flera av författarna har identifierat problemet med förlusten av kvaliteten på grönområden på privat mark, både i privata trädgårdar och på mark i anslutning till bostäder. Det finns således även ett behov av åtgärder för att förhindra eller minimera denna typ av nedbrytning till följd av förtätning. Sådan forskning bör också studera vegetationens nedkylande effekt baserat på olika arter och kategorier. Dessutom finns det ett behov av analys över tillgängliga rättsliga regelverk och föreskrifter för att motverka denna negativa utveckling. Den befintliga litteraturen riktar bara viss uppmärksamhet åt den lagstiftning som hindrar privata markägare att plattsätta sina trädgårdar eller ta bort träd av en viss storlek utan tillåtelse från kommunen.

Vidare tror jag att stadsplanerare och arkitekter skulle gynnas av mer lättillgänglig data, exempelvis GIS-material över värme, luftkvalitet, vindriktningar etc. i syfte att kunna kartlägga stadsklimatet och på så sätt få en bättre överblick över berörda områden. Både klimat och bostadsbyggande är ämnen i konstant utveckling och rörelse vilket innebär att det är extremt viktigt att hela tiden hålla sig ajour. Forskning måste bedrivas kontinuerligt och följa samhällets trender. Den får aldrig sluta utvecklas!

SAMLADE REFERENSER

BÖCKER

- Barnett, J., 1982.** *An Introduction to Urban Design*. New York, Harper & Row
- Craul, P.J. 1999.** *Urban Soil - Applications and Practices*. Kanada. John Wiley & Sons Inc
- Denscombe, M. 2009.** *Forskningshandboken - för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. Originalupplaga 1998. Open University Press UK Limited
- Erell, E., Pearlmutter, D., Williamson, T. 2011.** *Urban Microclimate - Designing the Spaces Between Buildings*. Storbritannien. Routledge
- Givoni, B. 1998.** *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York, John Wiley & Sons Inc.
- Jacobs, J. 1961.** *The death and life of great American cities*. New York. Random house Inc. 2002 års upplaga. s. 141-238
- Jörnmark, J., Forsemalm, J., Palmås, K. 2016.** *Göteborg - mellan segregation och kreativitet*. Göteborg. Tangent
- Landsberg, H. 1981.** *The Urban Climate*. London: Academic Press
- Oke, T.R. 1987.** *Boundary Layer Climates*. London, Methuen. Andra upplagan
- Patel, R. & Davidson, B. 2011.** *Forskningsmetodikens grunder - Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund. Studentlitteratur
- Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.), 2015.** *Träd i urbana landskap*. Lund, Studentlitteratur AB. Kapitel 3, s. 231-322

ARTIKLAR

- Analitis, A., Katsouyanni, K., Biggeri, A., Baccini, M., Forsberg, B., Bisanti, L., Kirchmayer, U., Ballester, F., Cadum, E., Goodman, P. G., Hojs, A., Sunyer, J., Tiittanen, P. & Michelozzi, P., 2008.** *Effects of cold weather on mortality: Results from 15 European cities within the PHEWE project*. American Journal of Epidemiology, 168, s. 1397-1408
- Assimakopoulos, V.D., Apsimon, H.M. & Moussiopoulos, N., 2003.** *A numerical study of atmospheric pollutant dispersion in different two-dimensional street canyon configurations*. Atmospheric Environment, 37(29), s. 4037-4049
- Baik, J.J. & Kim, J.J., 1999.** *A numerical study of flow and pollutant dispersion characteristics in urban street canyons*. Journal of Applied Meteorology, 38(11), s. 1576-1589
- Baik, J.J. & Kim, J.J., 2002.** *On the escape of pollutants from urban street canyons*. Atmospheric Environment, 36(3), 527-536
- Baker, E., Coffee, N. och Hugo, G. 2000.** *Suburbanisation vs. Reurbanisation: Population Distribution Changes in Australian Cities*. [online] Utdrag ur Australia: *State of the Environment Second Technical Paper Series (Human Settlements)*, Serie 2, Department of the Environment and Heritage. [Tillgänglig <http://secure.environment.gov.au/soe/2001/publications/technical/suburbanisation/index.html> 2016-04-08]
- Beckett, K.P., Freer-Smith, P. & Taylor, G. 2000.** *Effective tree species for local air-quality management*. [online] Journal of Arboriculture 26, s. 12-19 [Tillgänglig http://eprints.soton.ac.uk/159959/1/Effective_Tree_Species.pdf 2016-04-23]
- Bernstein, J.A., Alexis, N., Barnes, C., Bernstein, I.L., Nel, A., Peden, D., Diaz-Sanchez, D., Tarlo, S.M. & Williams, P.B., 2004.** *Health effects of air pollution*. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 114, s. 1116-1123
- Brainard, G.C., 1994.** *Effects of Light on Brain and Behavior, International Lighting in Controlled Environments Workshop*, T.W.Tibbitts (Ed.), NASA CP-95-330
- Buyadi, S.N.A., Mohd, W.M.N.W., Misni, A. 2015.** *Vegetation's Role on Modifying Microclimate of Urban Resident*. [online] Procedia - Social and Behavioral Sciences 202 (2015) s. 400-407
- Carter, N.L., 1996.** *Transportation noise, sleep, and possible after-effects*. Environment International, 22, s. 105-116
- Chan, A., So, E. & Samad, S., 2001.** *Strategic guidelines for street canyon geometry to achieve sustainable street air quality*. Atmospheric Environment [online], nr. 35, s. 5681-5691. [Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231001004836> 2016-03-09]
- Chan, T.L., Dong, G., Leung, C.W., Cheung, C.S. & Hung, W.T., 2002.** *Validation of a two-dimensional pollutant dispersion model in an isolated street canyon*. Atmospheric Environment, 36(5), s. 861-872
- Cheng, W.C., Liu, C.H. & Leung, D.Y.C., 2009.** *On the correlation of air and pollutant exchange for street canyons in combined wind-buoyancy-driven flow*. Atmospheric Environment, 43(24), s. 3682-3690
- Curriero, F.C., Heiner, K.S., Samet, J.M., Zeger, S.L., Strug, L. & Patz, J.A., 2002.** *Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States*. American Journal of Epidemiology, 155, s. 80-87
- De, S., Jana, D., Medda S. K., & De, G. 2013.** *Wavelength Selective Antireflective Coatings on Plastics with Hydrophobic Surfaces*. Journal of Industrial and Engineering Chemistry Research, 2013, 52 (23), s. 7737-7745
- Deak, J. & Bucht, E. 2011.** *Planning for Climate Change: the role of indigenous blue infrastructure, with a case study in Sweden*. Town Planning Review, 86(11). s. 669 ff
- Embleton, T.F.W., 1996.** *Tutorial on sound propagation outdoors*. Journal of the Acoustical Society of America, 100(1), s. 31-48
- Gavhed, D., Mäkinen, T., Holmér, I. & Rintamäki, H., 2000.** *Face temperature and cardiorespiratory responses to wind in thermoneutral and cool subjects exposed to -10°C*. European Journal of Applied Physiology, 83, s. 449-456

SAMLADE REFERENSER

FORTS. ARTIKLAR

- Gill JS, Davies P, Gill SK, Beevers DG., 1988. *Wind-chill and the seasonal variation of cerebrovascular disease*. Journal of Clinical Epidemiology, 41(3), s. 225–230
- Grant, W.B., 2007. *Roles of solar UV radiation and vitamin D in human health and how to obtain vitamin D*. Expert Review of Dermatology, 2, s. 563-577
- Gruijl, F.R. de, 1997. *Health effects from solar UV radiation*. Radiation Protection Dosimetry, 72, s. 177-196
- Haaland, C., Konijnendijk van den Bosch, C. 2015. *Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review*. [online] Urban Forestry & Urban greening 14 (2915) s. 760-771 [Tillgänglig <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S161886671500103X> 2016-02-18]
- Hang, J., Sandberg, M., Li, Y. & Claesson, L., 2009. *Pollutant dispersion in idealized city models with different urban morphologies*. Atmospheric Environment, 43(38), s. 6011-6025
- Hang, J., Li, Y., Sandberg, M. & Claesson, L., 2010. *Wind conditions and ventilation in high-rise long street models*. Building and Environment, 45(6), s. 1353-1365
- Hornikx, M. & Forssén, J., 2008. *A scale model study of parallel urban canyons*. Acta Acustica united with Acustica, 94(2), s. 265-281
- Hoydysh, W.G. & Dabberdt, W.F., 1988. *Kinematics and dispersion characteristics of flows in asymmetric street canyons*. Atmospheric Environment, 22(12), 2677-2689
- Höppe, P., 1999. *The physiological equivalent temperature - A universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment*. International Journal of Biometeorology, 43, s. 71-75
- Kang, J., 2002. *Numerical modelling of the sound fields in urban streets with diffusely reflecting boundaries*. Journal of Sound and Vibration, 258(5), s. 793-813
- Kastner-Klein, P., Berkowicz, R. & Britter, R., 2004. *The influence of street architecture on flow and dispersion in street canyons*. Meteorology and Atmospheric Physics, 87(1-3), s. 121-131
- Keatinge, W.R., Donaldson, G.C., Cordioli, E., Martinelli, M., Kunst, A. E., Mackenbach, J.P., Nayha, S. & Vuori, I., 2000. *Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: Observational study*. British Medical Journal, 321, s. 670-673
- Kleerekoper, L., van Esch, M. & Salcedo, T B., 2012. *How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect*. Resources, Conservation and Recycling 64 (2012), s. 30-38
- Langford, I.H., Bentham, G. & McDonald, A.L., 1998. *Multi-level modelling of geographically aggregated health data: A case study on malignant melanoma mortality and UV exposure in the European community*. Statistics in Medicine, 17, s. 41-57
- Miedema, H.M.E. & Vos, H., 1998. *Exposure-response relationships for transportation noise*. Journal of the Acoustical Society of America, 104, s. 3432-3445
- Miedema, H.M.E. & Vos, H., 2007. *Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies*. Behavioral sleep medicine, 5, s. 1-20
- Muzet, A., 2007. *Environmental noise, sleep and health*. Sleep Medicine Reviews, 11, s. 135-142
- Nerlund, H. 2014. *Förtätningsstrategier i efterkirkstidens förorter*. [online] Utdrag ur Bebyggelsehistorisk tidskrift 76/2014. s. 76-82 [Tillgänglig http://media.bebyggelsehistoria.org/pdf/BHT67_2014.pdf 2016-04-12]
- Nikolopoulou, M. & Lykoudis, S., 2006. *Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries*. Building and Environment, 41, s. 1455-1470
- Nunez, M. & Oke, T.R., 1977. *Energy balance of an urban canyon*. Journal of Applied Meteorology, 16(1), s. 11-19
- Oke, T. R. 1976. *The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands*. Atmosphere, vol 14. s. 268-277
- Oke, T.R., 1988a. *The urban energy balance*. Progress in Physical Geography, 12(4), s. 471-508
- Oke, T.R., 1988b. *Street Design and Urban Canopy Layer Climate*. Energy and Buildings. 11, s.103-113
- Ratti, C., Raydan, D. & Steemers, K., 2003. *Building form and environmental performance: Archetypes, analysis and an arid climate*. Energy and Buildings, 35(1), s. 49-59
- Shaw, E. A. G. & Olson, N., 1972. *Theory of steady-state urban noise for an ideal homogeneous city*. Journal of the Acoustical Society of America, 51(6 Part 1), s. 1781-1793
- Takebayashi, H. & Moriyama, M., 2007. *Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island*. Building and Environment, 42(8), s. 2971-2979
- Thorsson, P.J., Ögren, M. & Kropp, W. 2004. *Noise levels on the shielded side in cities using a flat city model*. Applied Acoustics, 65(4) s. 313-323.
- Vallius, M., Janssen, N.A.H., Heinrich, J., Hoek, G., Ruuskanen, J., Cyrus, J., van Grieken, R., Hartog, J.J. de, Kreyling, W.G. & Pekkanen, J., 2005. *Sources and elemental composition of ambient PM 2.5 in three European cities*. Science of the Total Environment, 337, s. 147-162

SAMLADE REFERENSER

FORTS. ARTIKLAR

- van Esch, M.M.E., Hordijk, G.J. & Duijvestein, C.A.J., 2007. *The influence of building geometry on the physical urban climate: a revival of light, air and space*. Utdrag ur S.K. Wittkopf & B.K.Tan (Eds.), PLEA 2007 - Sun, wind and architecture - 24th International conference on passive and low energy architecture. Singapore, National University of Singapore, department of architecture, s. 396-403
- van Esch, M.M.E., Looman, R.H.J. & Bruin-Hordijk, G.J. de 2012. *The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies*. Energy and Buildings, 47, s. 189-200
- van Kempen, E.E.M.M. van, Kruize, H., Boshuizen, H.C., Ameling, C.B., Statsen, B.A.M. & Hollander, A.E.M. de, 2002. *The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: A metaanalysis*. Environmental Health Perspectives, 110, s. 307-317
- van Renterghem, T. & Botteldooren, D., 2010. *The importance of roof shape for road traffic noise shielding in the urban environment*. Journal of Sound and Vibration, 329(9), s. 1422-1434
- Veitch, J.A., Beld, G.V.D., Brainard, G. & Roberts, J.E., 2004. *CIE 158:2004 - Ocular lighting effects on human physiology and behaviour*. Austria, Commission Internationale de l'éclairage
- Wa-Gichia, M., 1998. *The high-rise opposing facade in clear sky conditions - not always an obstruction to daylight*. Solar Energy, 64(4-6), s. 179-188
- Xiaomin, X., Zhen, H. & Jiasong, W., 2006. *The impact of urban street layout on local atmospheric environment*. Building and Environment, 41(10), s. 1352-1363
- Zhang, M. & Kang, J., 2007. *Towards the evaluation, description, and creation of soundscapes in urban open spaces*. Environment and Planning B: Planning and Design, 34(1), s. 68-86
- Ögren, M & Kropp, W. 2004. *Road traffic noise propagation between two dimensional city canyons using an equivalent sources approach*. Acta Acustica united with Acustica 90(2) s. 293-300
- Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H. & Gidlöf-Gunnarsson, A., 2006. *Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness*. Journal of Sound and Vibration, 295, s. 40-59

RAPPORTER & DIREKTIV

- Arbetsmiljöverket, 2011. *Hygieniska gränsvärden - Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden*. Elanders Sverige AB 2011
- Boverket, 2014. *Hälsa och klimat i samhällsplaneringen: Ljud och Buller - Fördjupning*. [online] <http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/halsa-och-klimat-i-samhallsplaneringen/buller-beror-manga/ljud-och-buller/?tab=fordjupning> [Tillgänglig 2016-03-15]
- Boverket, 2015. *Regelsamling för byggande - Del 2: Boverkets Byggregler, BBR*. BFS 2011:6 med ändringar t.o.m BFS 2015:3. Elanders Sverige AB, Boverket 2015 s. 153-195
- Boverket, 2016. *Rätt tätt - en idéskrift om förtätning av städer och orter*. [online] Boverket, Publikationsservice. Karlskrona. [Tillgänglig <http://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2016/ratt-tatt/> 2016-04-12]
- City of New York, 1916. *New York City 1916 Zoning Resolution*. [online] [Tillgänglig [http://www1.nyc.gov/site/planning/zoning/access-text](http://www1.nyc.gov/site/planning/zoning/access-text.page). page 2016-02-17]
- EU (Europeiska Unionen), 2002. *Direktiv 2002/49/EG: Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/49/EG av den 25 juni 2002 om bedömning och hantering av omgivningsbuller*
- EU, 2008. *Directive 2008/50/EC of The European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe*
- Folkhälsomyndigheten (FoHM), 2014a. *FoHMFS 2014:18 - Allmänna råd om ventilation*. Elanders Sverige AB 2014
- FoHM, 2014b. *FoHMFS 2014:14 Folkhälsomyndighetens allmänna råd om fukt och mikroorganismer*. Elanders Sverige AB 2014
- Förenta Nationerna (FN), 2015. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*, United Nations, Population Division. Department of Economic and Social Affairs, (ST/ESA/SER.A/366). New York [Tillgänglig 2016-05-11 <http://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>]
- Gustavsson, R., Ingelög, T. 1994. *Det nya landskapet - Kunskap och idéer om naturvård, skogsodling och plantering i kulturbbyggd*. Jönköping. Skogsstyrelsen
- Juzeniene, A., Brekke, P., Dahlback, A., Andersson-Engels, S., Reichrath, J., Moan, K., Holick, M.F., Grant, W.B. & Moan, J., 2011. *Solar radiation and human health*. Reports on Progress in Physics, 74(6), 066701
- Kursis, J., Mattsson, J. O., Glaumann, M., Wirén, B. 1982. *Vindförhållanden i ett höghusområde*. [online] byggforskningsrådet Rapport 91:1982. Stockholm [Tillgänglig https://www.researchgate.net/publication/262098799_Vindforhallanden_i_ett_hoghusomrade 2016-04-20]
- Löfberg, H. A. 1987. *Räkna med dagsljus*. [online] Statens Institut för byggnadsforskning. Gävle. Trycksam [Tillgänglig <http://www.boverket.se/contentassets/f8fe004c78104822a732044063c40d85/rakna-med-dagsljus.pdf> 2016-04-13]
- OFCEM (Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research), 2003. *Report on Wind Chill Temperature and Extreme Heat Indices: Evaluation and Improvement Projects*. FCM-R19-2003. Office of the federal coordination for meteorological services and supporting research, Washington, DC

SAMLADE REFERENSER

FORTS. RAPPORTER & DIREKTIV

Saurenman, H., Chambers, J., Sutherland, L.C., Bronsdon, R.L. & Forschner, H., 2005. *Atmospheric effects associated with highway noise propagation*. Final Report 555, på uppdrag av Arizona Department of Transportation. [Tillgänglig https://apps.azdot.gov/ADOTLibrary/publications/project_reports/PDF/AZ555.pdf 2016-03-15]

Svensson, M. & Eliasson, I. 1999. *Lokalklimatet i planeringen; När? Var? Hur?: en sammanställning av fakta hämtade ur litteratur inom ämnesområdet klimatologi*. Rapport/Naturvårdsverket, 5021. Stockholm

Trafikverket, 2015. *Trafikbuller & vibrationer - Ljud och mått*. [online] Uppdaterad och granskad 150422. [Tillgänglig <http://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/trafikbuller-och-vibrationer/Fakta-om-buller-och-vibrationer/Ljud-och-matt/> 2016-02-17]

WHO (Världshälsoorganisationen), 1999. *Guidelines for community noise*. London

WHO, 2003. *Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide*. Bonn

WHO, 2004. *Heat waves: risks and responses*. Health and global environmental change series, no.2. Copenhagen

WHO, 2006a. *Solar ultraviolet radiation, global burden of disease from solar ultraviolet radiation*. Environmental burden of disease. Geneva

WHO, 2006b. *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Global update 2005. Summary of risk assessment. Geneva

WHO, 2009. *Fact sheet n305. Ultraviolet radiation and human health*

WHO, 2011. *Fact sheet n313. Air quality and health*

AVHANDLINGAR, STUDIER & EXAMENSARBETEN

Bottema, M., 1993. *Wind climate and urban geometry*. [online] Doktorsavhandling vid Technische Universiteit Eindhoven. Eindhoven. [Tillgänglig: <https://pure.tue.nl/ws/files/13219080/388789.pdf> 2016-03-10] ISBN 90-386-0132-8

de Ruiter, Evert., 2004. *Reclaiming land from urban traffic noise impact zones; the Great Canyon*. Doktorsavhandling vid Delft University of Technology. Zoetermeer, Peutz

Kjellström, L. 2008. *Stadsklimat/Gatuklimat*. [online] Examensarbete vid Institutionen för Stad och Land, Sveriges Lantbruksuniversitet, Ultuna. [Tillgänglig http://ex-epsilon.slu.se/2252/1/Stadsklimat_Gatuklimat.pdf 2014-04-21]

Lindholm, G., Kristensson, E., Nilsson, K. 1988. *Växter som vindskydd - en studie av läplanteringars uppbyggnad och täthet*. Stad & Land, Nr 6

Ng, E., 2005. *A study of the relationship between daylight performance and height difference of buildings in high density cities using computational simulation*. s. 847-852. Studien presenterades på IBPSA 2005 - International Building Performance Simulation Association

Pijpers-van Esch, M. 2015. *Designing the Urban Microclimate - A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process*; Doktorsavhandling vid Delft University of Technology, Faculty of Architecture and Built Environment, Department of Urbanism, Department of Architectural Engineering + Technology

TIDNINGSARTIKLAR

DI (Dagens Industri) 13 april 2016. *SCB: Rekordstor befolkningsökning kommande år*. [online] [Tillgänglig <http://www.di.se/finanssiell-information/telegram/?NewsId=040fe965-dfb2-498a-bf66-a8ff573ed984> 2016-04-15]

SvD (Svenska Dagbladet), 20 juli 2015. *Förtätning av staden har sina gränser*. [online] Debattartikel 2015-07-20 [Tillgänglig <http://www.svd.se/fortatat-stockholm-har-blivit-sjalvandamal/om/debatt> 2016-04-12]

HEMSIDOR

Trianon, 2016a. *Nybyggda lägenheter på Lindängen*. [online] [Tillgänglig <http://www.trianon.se/140-nya-lagenheter> 2016-04-13]

Trianon, 2016b. *Vårsången - bostadsområdet med de generösa grönytorna*. [online] [Tillgänglig <http://www.trianon.se/varsangen-new> 2016-04-13]

BILDKÄLLOR

Bild 1 - Lindängen - De fyra flerbostadshusen syns till höger i bild. Källa: Trianon, 2016b. Flygfoto: Ingvar Nilsson. Fotomontage: Andreas Frykman, Panorama Arkitekter

Bild 2 - Karlshamn - Parhusens placering ovanpå gallerian (tv) och utsikten från takterrasserna (th). Foto: Emina Kovacic

Bild 3 - Medelhög byggnad med öppen offentlig gårdsyta. Källa: <http://urbantoronto.ca/news/2012/05/major-development-proposed-yonge-major-mac-richmond-hill> [Tillgänglig 2016-05-07]

Bild 4 - En pocket park i centrala Berlin. Foto: Anna Davéus, 2016

Bild 5 - Gaturum där man smalat av körbanan för att lämna plats åt grönskan. Foto: Anna Davéus, Berlin 2016

Bild 6 - Ett 'knepig område' som med enkla medel försetts med grönska (och som dessutom samutnyttjas); Klunkerkränich takträdgård är anlagd på taket av en galleria i Berlin. Foto: Anna Davéus, Berlin 2016

Bild 7 - Vegetationen skapar skugga på trottoaren men tillåter en del av solstrålarna att leta sig ner till marknivå. Foto: Anna Davéus, Berlin 2016



URBANA MIKROKLIMAT I SAMBAND MED FÖRTÄTNING

- strategier för gestaltning av urbana miljöer

Master project in Landscape Architecture, 30HP
SLU Alnarp 2016
Anna Davéus